

27.12.2004

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日      2004年  1月20日  
Date of Application:

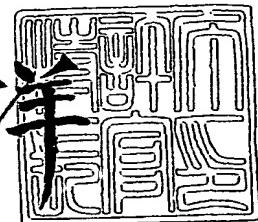
出願番号      特願2004-012381  
Application Number:  
[ST. 10/C] :      [JP2004-012381]

出願人      本田技研工業株式会社  
Applicant(s):

2005年  2月  4日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川洋



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2005-3006859

**【書類名】** 特許願  
**【整理番号】** H103330301  
**【提出日】** 平成16年 1月20日  
**【あて先】** 特許庁長官 殿  
**【国際特許分類】** B22D 18/02  
**【発明者】**  
 【住所又は居所】 埼玉県狭山市新狭山1丁目10番地1 ホンダエンジニアリング  
 株式会社内  
**【氏名】** 松浦 聰司  
**【発明者】**  
 【住所又は居所】 埼玉県狭山市新狭山1丁目10番地1 ホンダエンジニアリング  
 株式会社内  
**【氏名】** 庄子 広人  
**【発明者】**  
 【住所又は居所】 埼玉県狭山市新狭山1丁目10番地1 ホンダエンジニアリング  
 株式会社内  
**【氏名】** 越後 隆治  
**【発明者】**  
 【住所又は居所】 埼玉県狭山市新狭山1丁目10番地1 ホンダエンジニアリング  
 株式会社内  
**【氏名】** 原 昌司  
**【発明者】**  
 【住所又は居所】 埼玉県狭山市新狭山1丁目10番地1 ホンダエンジニアリング  
 株式会社内  
**【氏名】** 高野 拓樹  
**【発明者】**  
 【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内  
**【氏名】** 豊田 裕介  
**【発明者】**  
 【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内  
**【氏名】** 柴田 勝弘  
**【発明者】**  
 【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内  
**【氏名】** 水上 貴博  
**【発明者】**  
 【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内  
**【氏名】** 柴田 博英  
**【特許出願人】**  
**【識別番号】** 000005326  
**【氏名又は名称】** 本田技研工業株式会社  
**【代理人】**  
**【識別番号】** 100067356  
**【弁理士】**  
**【氏名又は名称】** 下田 容一郎  
**【選任した代理人】**  
**【識別番号】** 100094020  
**【弁理士】**  
**【氏名又は名称】** 田宮 寛祉

**【手数料の表示】**

【予納台帳番号】 004466  
【納付金額】 21,000円

**【提出物件の目録】**

【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 9723773  
【包括委任状番号】 0011844

**【書類名】特許請求の範囲****【請求項 1】**

マトリックスが金属で、補強材がセラミックスである金属基複合材料を用いたビレットを所定温度に加熱し、この所定温度のビレットを金型で加圧して成形する金属基複合材製成形品の成形方法において、成形前のビレット高さをH、成形後のビレット高さをh1とし、(H/h1)を圧縮比と定め、

前記圧縮比を成形品の部位別に変えることで、成形品のセラミックス体積含有率を部位別に異ならせることを特徴とする金属基複合材製成形品の成形方法。

**【請求項 2】**

前記ビレットは、部位別に高さに変化をもたせたことを特徴とする請求項1記載の金属基複合材製成形品の成形方法。

**【請求項 3】**

前記金型は、分割金型を用いることを特徴とする請求項1記載の金属基複合材製成形品の成形方法。

**【請求項 4】**

前記金型は、ビレットに接触する部位に断熱手段を施したもの用いることを特徴とする請求項1記載の金属基複合材製成形品の成形方法。

**【請求項 5】**

前記マトリックスは、アルミニウム合金を用い、前記セラミックスはアルミナの凝集体を用いたことを特徴とする請求項1、請求項2、請求項3又は請求項4記載の金属基複合材製成形品の成形方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】金属基複合材製成形品の成形方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、金属基複合材製成形品の成形方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

金属基複合材料を用いて製品の特定部分の強度を高める製造方法がある。強度をそれほど必要としない部分に通常の金属を使用し、強度が必要な部分に金属基複合材料を一体的に用いることで、強度の確保と生産コストの削減を図っている（例えば、特許文献1参照。）。

一方、金属基複合材料を用いて、冷却性性能をよくした製品の製造方法がある。この製造方法は、金属基複合材製のブロックをプレス機で押し、金属基複合材料の母材と補強材とを分けるようにして補強材を偏らせる技術で、偏らせた補強材の熱伝導率によって、成形品の冷却性性能が向上する（例えば、特許文献2参照。）。

【特許文献1】特開2001-316740公報（第7頁、図10）

【特許文献2】特開2002-66724公報（第5頁、図1）

【0003】

特許文献1を次図に基づいて説明する。

図28は、従来の複合材を一部に用いたプーリの製造方法を説明する図である。

プーリ301は、中央に複合材製のハブ302を設け、ハブ302にアルミニウム合金製のディスク303を一体的に形成し、ディスク303に緩衝部材304を介して溝部305を嵌合したもので、プーリ301を軸に取り付ける際のボルトの締め付け力を、強度の高いハブ302で受けることができる。

プーリ301の製造方法は、まず、複合材料を押出し成形で筒にし、筒を切断してハブ302を形成する。その次に、ハブ302をプーリ用鋳造金型にセットして、金型に溶解したアルミニウム合金を充填する。

【0004】

特許文献2を次図に基づいて説明する。

図29(a)～(c)は、従来の複合材の製造方法を説明する図である。

(a)において、複合材（製品）311は、基板部312と基板部312の表面に形成したフィン313とで構成したものである。

次に複合材（製品）311の製造方法を簡単に説明する

(b)：第1に、金属基複合材料314をアルミニウム合金315と炭化珪素の微粒子316とで製造し、製造した金属基複合材料314を用いてブロック317を形成する。第2に、ブロック317を、加熱した状態で成形型318（フィン用空間319を有する。）に入れ、ブロック317を加圧する。

(c)：加圧する過程で、アルミニウム合金315がフィン用空間319に流入してアルミニウム合金製のフィン313が成形される。

【0005】

しかし、特許文献1のプーリの製造方法では、複合材製のハブ302及びアルミニウム合金製のディスク303といった二つの部品を別々に加工する工程が必要になり、生産に手間がかかる。

また、複合材製のハブ302を形成する工程及びアルミニウム合金製のディスク303を鋳造する工程の作業内容はともに複雑で、手間がかかる。

【0006】

特許文献2の複合材の製造方法では、製造の手間を省けるが、フィン313内に炭化珪素の微粒子を入れることはできず、特許文献2では目的としていないが、フィン313はアルミニウム合金のみとなり、強度は低下し過ぎる。つまり、フィン313の中央まで炭化珪素を所望の体積含有率だけ分布させることはできず、結果的に複合材料の強度

を生かし難い。

**【発明の開示】**

**【発明が解決しようとする課題】**

**【0007】**

本発明は、セラミックス体積含有率を成形品の部位別に異ならせた金属基複合材製成形品をより容易に製造することができる技術を提供することを課題とする。

**【課題を解決するための手段】**

**【0008】**

請求項1に係る発明は、マトリックスが金属で、補強材がセラミックスである金属基複合材料を用いたビレットを所定温度に加熱し、この所定温度のビレットを金型で加圧して成形する金属基複合材製成形品の成形方法において、成形前のビレット高さをH、成形後のビレット高さをh1とし、(H/h1)を圧縮比と定め、圧縮比を成形品の部位別に変えることで、成形品のセラミックス体積含有率を部位別に異ならせることを特徴とする。

**【0009】**

請求項2に係る発明では、ビレットは、部位別に高さに変化をもたせたことを特徴とする。

**【0010】**

請求項3に係る発明では、金型は、分割金型を用いることを特徴とする。

**【0011】**

請求項4に係る発明では、金型は、ビレットに接触する部位に断熱手段を施したものを利用する特徴とする。

**【0012】**

請求項5に係る発明では、マトリックスは、アルミニウム合金を用い、セラミックスはアルミナの凝集体を用いたことを特徴とする。

**【発明の効果】**

**【0013】**

請求項1に係る発明では、金属基複合材料を用いたビレットを所定温度に加熱し、この所定温度のビレットを金型で加圧して成形する金属基複合材製成形品の成形方法において、成形品の部位別に変えることで、成形の歪みを部位別に異ならせ、成形品のセラミックス体積含有率を部位別に異ならせるので、セラミックス体積含有率を成形品の部位別に異ならせた金属基複合材製成形品をより容易に製造することができるという利点がある。

**【0014】**

請求項2に係る発明では、ビレットは、部位別に高さに変化をもたせたので、金型を閉じるだけで、成形品のセラミックス体積含有率を部位別に変えることができ、成形品のセラミックス体積含有率を部位別に変える成形作業は容易になるという利点がある。

**【0015】**

請求項3に係る発明では、金型は、分割金型を用いるので、分割した型は個別に加圧制御可能で、セラミックス体積含有率を高めたい部位に対応する型をまず最初に加圧する。その後、残りの部位に対向する残りの型を加圧する。その結果、セラミックス体積含有率の異なる部位を多く設けることができるという利点がある。

**【0016】**

請求項4に係る発明では、金型は、ビレットに接触する部位に断熱手段を施したもの用いるので、ビレットに接触する部位の熱伝導率を制御しない場合に比べ、成形品の材料の表層と深層のセラミックス体積含有率のばらつきを小さくすることができるという利点がある。

**【0017】**

請求項5に係る発明では、マトリックスは、アルミニウム合金を用い、セラミックスはアルミナの凝集体を用いたので、溶解したアルミニウム合金とアルミナの凝集体を混合するだけによく、また、アルミナの凝集体の製造は容易であるから、結果的に、金属基複合

材料の製造は容易であり、セラミックス体積含有率を部位別に変えた成形品の生産効率の向上を図ることができるという利点がある。

**【発明を実施するための最良の形態】**

**【0018】**

本発明を実施するための最良の形態を添付図に基づいて以下に説明する。なお、図面は符号の向きに見るものとする。

図1 (a) ~ (c) は、本発明の第1の成形方法で成形した金属基複合材製第1の成形品の説明図である。(a) は第1の成形品の斜視図、(b) は (a) の b 部拡大図で模式的に示し、(c) は (a) の c 部拡大図で模式的に示す。

**【0019】**

(a)において、第1の成形品 11 は、金属基複合材製成形品で、例えば、自動車の部品や産業機械の部品として用いられる。

また、第1の成形品 11 は、円盤状の板材で、成形品の部位としての中央部 12 と中央部 12 に連なる成形品の部位としての周縁部 13 とからなり、中央部 12 は、周縁部 13 の強度より強い。このため、第1の成形品 11 は、強度をそれほど必要としない部分に周縁部 13 を配置し、強度が必要な部分に中央部 12 を配置することで、強度の確保と同時に軽量化を図ることができる。

$h_1$  は成形後のビレット高さで、板の厚さに相当する。

第1の成形品 11 の材質は、金属基複合材であり、金属 14 とセラミックス 15 とからなる。

**【0020】**

(b)において、中央部 12 は、金属 14 にセラミックス 15 を約 40 % 含有させた部位である。

金属 14 は、アルミニウム合金を用いた。

セラミックス 15 は、例えば、アルミナの凝集体 21 . . . ( . . . は複数を示す。以下同様。) である。

ここで、セラミックス体積含有率を  $V_f$  としたときに、セラミックス体積含有率  $V_f$  (%) は、(セラミックスの体積 / (マトリックスの体積 + セラミックスの体積)) × 100 とする。

中央部 12 のセラミックス体積含有率  $V_f$  は  $V_m 1$  (約 40 %) である。このときのヤング率を  $E_m 1$  とする。

**【0021】**

(c)において、周縁部 13 は、金属 14 にセラミックス 15 を約 18 % 含有させた部位である。

周縁部 13 のセラミックス体積含有率  $V_f$  は  $V_e 1$  (約 18 %) である。このときのヤング率は  $E_e 1$  で、ヤング率  $E_e 1$  は、 $E_e 1 < E_m 1$  である。

つまり、第1の成形品 11 のセラミックス体積含有率  $V_f$  は、中央部 12 から周縁部 13 に向かって漸減する。その結果、第1の成形品 11 のヤング率は、中央部 12 から周縁部 13 に向かって漸減する。

**【0022】**

このような金属基複合材製第1の成形品 11 の第1の成形方法を次に説明する。

第1の成形品 11 を成形する第1の成形方法は、複合材料製造工程と、ビレット形成工程と、ビレット加熱工程と、加圧工程とからなる。

これらの4工程を具体的に順に説明する。

**【0023】**

図2 (a) ~ (d) は、本発明の成形方法の複合材料製造工程及びビレット形成工程を説明する図である。

(a) : 複合材料製造工程では、マトリックスとセラミックスを混合して金属基複合材料を製造する。具体的には、マトリックスとしては、アルミニウム合金 22 を用い、アルミニウム合金 22 としては、A6061 を使用した。

セラミックスは、アルミナの凝集体21・・・を用いる。凝集体21を次に説明する。

**【0024】**

(b) は (a) の b 部拡大図で、凝集体21を模式的に示す。凝集体21は、アルミナ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) の粉23・・・が集まって、一つの塊になったものである。凝集体21の粒径は、約  $50 \mu\text{m}$  程度である。

アルミナ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) の粉23の径は、約  $1 \mu\text{m}$  程度のものを用いた。

**【0025】**

なお、セラミックスとしては、アルミナ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) の粉以外のものを用いることも可能である。

また、凝集体を用いたが、凝集体となっていない粉末を用いることも可能である。

さらに、補強材としては、セラミックス以外に炭素繊維（長・短繊維）を挙げができる。

**【0026】**

(a) に示すように、まず、アルミニウム合金22を所定量重だけ溶解し、溶解したアルミニウム合金22に所定重量の凝集体21・・・を入れ、攪拌する。攪拌したアルミニウム合金22を適当な形状、大きさのインゴット型24（(c) 参照）に入れ、凝固させることで金属基複合材料27（(c) 参照）の塊を得る。

**【0027】**

(c) : ビレット形成工程では、凝固させることで得た金属基複合材料27の塊を第1ビレット31として用いる。Hは成形前のビレット高さ、D1は直径を示す。

なお、ビレットの形状やインゴット型によっては、金属基複合材料27の塊を加工してもよく、例えば、複数のビレットに切断し、所定形状に切削してもよい。

**【0028】**

(d) は (c) の d 部拡大図であり、金属基複合材料27を模式的に示す。金属基複合材料27は、アルミニウム合金22とアルミナの粉23・・・が集まった凝集体21・・・とからなる。

金属基複合材料27のセラミックス体積含有率VfはVb（約23～24%）である。また、金属基複合材料27のヤング率をEbとする。

**【0029】**

このように第1の成形方法では、マトリックスは、アルミニウム合金22を用い、セラミックスはアルミナの凝集体21を用いたので、溶解したアルミニウム合金22とアルミナの凝集体21・・・を混合するだけでよく、また、アルミナの凝集体21の製造は容易であり、結果的に、金属基複合材料27の製造は容易となり、セラミックス体積含有率を部位別に変えた成形品の生産効率の向上を図ることができる。

このような金属基複合材料27を用いた第1ビレット31（(c) 参照）を搬送し、次にビレット加熱工程を開始する。

**【0030】**

図3 (a), (b) は、本発明の第1の成形方法のビレット加熱工程及び加圧工程（前半）を説明する図である。

(a) : ビレット加熱工程では、第1ビレット31を加熱炉32で所定の温度条件にて加熱する。加熱炉32は、炉本体33と、熱源34と、熱電対35と、熱電対35の情報並びに予め設定した条件に基づいて熱源34を制御する制御装置36とを備える。

ビレット加熱工程の温度条件に用いた所定温度は、アルミニウム合金22の固相線以上（例えば、A6061では580℃以上）の温度である。

**【0031】**

なお、ビレットの加熱温度の上限は任意であるが、温度を上げ過ぎると後工程での凝固に時間がかかる点や必要以上の加熱は加熱工程に時間がかかる点などの生産効率及び品質を基準にした適度な温度に上限を設定するのが望ましい。

**【0032】**

(b) : 加圧工程では、580℃以上の第1ビレット31を金型37に矢印aの如くセ

ットし、金型37を取り付けたプレス機41の稼働により所定形状に成形する。具体的には、金型37は、下型42と、上型43とからなり、ともに平坦な型面44、45を有するとともに、図に示していない温度調整手段を備え、第1ビレット31を軸方向（白抜き矢印の方向）に圧縮して横に広げる据え込み金型である。

温度調整手段は、任意であり、例えば、流体や電気で温度調整可能に構成する。設定温度は、例えば、300℃に設定する。金型の温度を300℃に保持するのが望ましいが、温度調整手段を設けずに、常温の金型でも成形可能である。

なお、金型37の形状や構成は一例である。

#### 【0033】

プレス機41の操作盤（図に示していない。）に設定する主な成形条件は、プレス圧力P、加圧速度V<sub>p</sub>、下降ストロークSである。プレス圧力Pは、ビレットの投影面積に対する面圧（kg/cm<sup>2</sup>）で示す。下降ストロークSは、ビレットに接触した位置から下限までの距離であるが、成形品の板の厚さ（成形後のビレット高さh1）を基準とする。

つまり、金型37を用い、プレス圧力P、加圧速度V<sub>p</sub>、所定の下降ストロークで580℃以上の第1ビレット31に圧力を加えて第1の成形品を成形する。

#### 【0034】

図4(a)～(c)は、本発明の第1の成形方法の加圧工程（後半）を説明する図である。

(a)：加圧工程を、プレス圧力P、加圧速度V<sub>p</sub>で、下降ストロークS1まで進める。この下降ストロークS1までの過程では、580℃以上で流動性がよくなつたマトリックスであるところのアルミニウム合金22は、加圧でつぶれ始めると同時に、横（図の左右方向、図の表裏方向）の外方に矢印b、bの如く流出し始める。一方、凝集体21…の粒は、ほとんどが横の外方に移動せずに、下方に移動し始める。

#### 【0035】

(b)：引き続き、下降を続け、下降ストロークS2（S2>S1）に達するとともに、第1ビレット31の高さは、HからH<sub>a</sub>となる。下降ストロークS2に達する過程では、アルミニウム合金22は、さらに横の外方に凝集体21…の粒の間からしみ出るようになり出し、一方、凝集体21…は、凝集体21…同士の接触や衝突により破壊し始め、小さな凝集体やアルミナ（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）の粒子になり始める。

#### 【0036】

(c)：さらに下降を続け、下限である下降ストロークS3に達すると同時に、第1の成形品11が完成する。

下降ストロークS3までの過程では、アルミニウム合金22は外方への流出を続け、一方、凝集体21…の粒は、圧力が加わり凝集体が崩れ、小さな凝集体やアルミナ（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）の粒子となって、ほとんどは第1ビレット31の中央であるとともに第1の成形品11の中央である中央部12に止まるが、残りはアルミニウム合金22の外方への流出とともにアルミニウム合金22によって押し流され横の外方（矢印c、cの方向）へ流出する。その結果、第1の成形品11の中央部12のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>はV<sub>m</sub><sub>1</sub>（約40%）まで高まり、ヤング率E<sub>m</sub><sub>1</sub>となり、第1の成形品11の周縁部13のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>はV<sub>e</sub><sub>1</sub>（約18%）まで下がり、ヤング率E<sub>e</sub><sub>1</sub>となる。

#### 【0037】

また、第1の成形品11は、金属基複合材料27（図2参照）のセラミックス体積含有率V<sub>b</sub>に比べ、周縁部13から中央部12までのセラミックス体積含有率は、V<sub>e</sub><sub>1</sub>< V<sub>b</sub> < V<sub>m</sub><sub>1</sub>である。

#### 【0038】

ここで、圧縮比をR<sub>h</sub>としたときに、第1の成形品11の形状の場合は、圧縮比R<sub>h</sub>は、中央部12の圧縮比とし、ほぼビレットの直径D<sub>1</sub>（図2参照）の範囲における加工前後の寸法比とする。中央部12の圧縮比R<sub>h</sub>は、R<sub>h</sub>=H/h<sub>1</sub>であり、例えば、6.8である。中央部12以外の残りの部位の圧縮比R<sub>h</sub>は、周縁部13の圧縮比R<sub>h</sub>とし、周縁部13の圧縮比R<sub>h</sub>は、R<sub>h</sub>=0/h<sub>1</sub>で、圧縮比R<sub>h</sub>を設定していないものとする。

つまり、第1の成形方法では、圧縮比R<sub>h</sub>を第1の成形品11の中央部12と周縁部13とで変える。

#### 【0039】

図5は、本発明の第1の成形方法の圧縮比と第1の成形品のセラミックス体積含有率の関係を示したグラフであり、横軸を中央部の圧縮比R<sub>h</sub>とし、縦軸をセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>としたものである。成形の条件は、プレス圧力Pはビレットの投影面積に対する面圧で650kg/cm<sup>2</sup>、加圧速度V<sub>p</sub>は約130mm/秒、加熱する所定温度は580℃以上、金型温度は300℃である。

#### 【0040】

- 印は、第1の成形品11の中央部12のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>を示す。
- 印は、第1の成形品11の周縁部13のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>を示す。

#### 【0041】

中央部12のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>は、圧縮比R<sub>h</sub>の増加にほぼ比例して増加する。

周縁部13のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>は、圧縮比R<sub>h</sub>の増加にほぼ比例して減少する。言い換えると、中央部12のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>の増加に伴い、周縁部13のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>は、減少する。

つまり、圧縮比R<sub>h</sub>を制御することで、セラミックス体積含有率V<sub>f</sub>を制御することができる。

#### 【0042】

本発明の成形方法では、圧縮比R<sub>h</sub>は、1～10の範囲に設定する。好ましくは、2以上に設定し、2以上とすることで、成形品のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>の漸減若しくは漸増を形成しやすくする。

圧縮比R<sub>h</sub>が2未満では、成形品のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>の漸減若しくは漸増を形成し難い。

圧縮比R<sub>h</sub>が10を超えると、主にビレットを円柱に形成した場合には、固相線以上（例えば、A6061では580℃以上）の温度まで昇温したビレットを金型に置く際に、ビレットが崩れたり倒れたりすることがあり、成形できなくなる。なお、ビレットの形状によつては、圧縮比R<sub>h</sub>が10を超えてもビレットが崩れたり倒れたりする現象が起きないから、そのような形状のビレットでは、圧縮比R<sub>h</sub>を10以上に設定してもよい。

#### 【0043】

図6は、本発明の第1の成形方法で使用する金型の加圧速度と第1の成形品のセラミックス体積含有率の関係を示したグラフであり、横軸を加圧速度V<sub>p</sub>とし、縦軸をセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>としたものである。成形の条件は、プレス圧力Pはビレットの投影面積に対する面圧で650kg/cm<sup>2</sup>、圧縮比R<sub>h</sub>は6.8、加熱する所定温度は580℃以上、金型温度は300℃である。

#### 【0044】

- 印は、第1の成形品11の中央部12のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>を示す。
- 印は、第1の成形品11の周縁部13のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>を示す。

#### 【0045】

中央部12のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>は、加圧速度V<sub>p</sub>の増加にほぼ反比例して低下するとともに、変化しなくなり、ビレットの状態と同様となる。

周縁部13のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>は、加圧速度V<sub>p</sub>の増加にほぼ比例して高くなるとともに、変化しなくなり、ビレットの状態と同様となる。

これは、加圧速度V<sub>p</sub>が速いと、アルミニウム合金の横への流動速度も速くなり、アルミニナの凝集体21・・・は止まることができずに、アルミニウム合金の流動とともに横に移動するためと考えられる。

つまり、加圧速度V<sub>p</sub>を制御することで、セラミックス体積含有率V<sub>f</sub>を制御することができる。

#### 【0046】

本発明の成形方法では、加圧速度V<sub>p</sub>は、5～300mm／秒の範囲に設定する。加圧速度V<sub>p</sub>が5mm／秒未満では、中央部12におけるマトリックスに混合したセラミックスや炭素繊維などの補強材の体積含有率（セラミックス体積含有率V<sub>f</sub>）はほとんど高くならない。

加圧速度V<sub>p</sub>が300mm／秒を超えると、中央部12及び周縁部13における体積含有率（セラミックス体積含有率V<sub>f</sub>）は変化しない。

#### 【0047】

このように、加圧速度V<sub>p</sub>若しくは圧縮比R<sub>h</sub>を制御することによって、第1の成形品11を所望の形状に成形すると同時に、第1の成形品11の中央部12から周縁部13にかけてセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>を漸減（傾斜）させることができる。

#### 【0048】

次に図2で説明した複合材料製造工程とは別の複合材料製造工程を簡単に説明するとともに、図2で説明したビレット形成工程とは別のビレット形成工程を簡単に説明する。

図7（a）～（d）は、別の複合材料製造工程及び別のビレット形成工程を説明する図である。（a）～（c）は浸透までの過程を模式的に示す。

#### 【0049】

（a）：まず、凝集アルミナ粉末とマグネシウム（Mg）の混合粉末51とともに、アルミニウム合金52をアルミニウム基複合材製造装置54の雰囲気炉55内に入れる。53は制御装置を示す。

#### 【0050】

次に、雰囲気炉55内の酸素を除去するために雰囲気炉55内を真空ポンプ56で真空引きし、一定の真空中に達したら、真空ポンプ56を止め、ポンベ57から雰囲気炉55にアルゴンガス（Ar）58を矢印d1の如く供給する。その次に、加熱コイル59で矢印d2の如く混合粉末51及びアルミニウム合金52の加熱を開始する。

#### 【0051】

雰囲気炉55内の温度を温度センサ61で検出しつつ昇温（自動）させる。所定温度（例えば、約750℃～約900℃）に達する過程で、アルミニウム合金52は溶解する。またこの過程では、混合粉末51のマグネシウム（Mg）は蒸発する。その際、雰囲気炉55内はアルゴンガス（Ar）58の雰囲気下にあるので、アルミニウム合金52及びマグネシウム（Mg）が酸化することはない。

#### 【0052】

（b）：次に、雰囲気炉55内を窒素ガス（N<sub>2</sub>）62で加圧し、窒化マグネシウム64の作用で混合粉末51の凝集アルミナ粉末を還元し、混合粉末51にアルミニウム合金52の溶湯を浸透させて金属基複合材料65を得ると同時にアルミニウム基複合材ビレット66を得る。

#### 【0053】

具体的には、真空ポンプ56でアルゴンガス58を抜きながら窒素ガス62を流し込み、雰囲気炉55に窒素ガス62を矢印d4の如く供給しつつ加圧（例えば、大気圧+約0.5kg/cm<sup>2</sup>）し、雰囲気炉55内の雰囲気を窒素ガス62に置換する。

雰囲気炉55内が窒素ガス62の雰囲気になると、窒素ガス62は、マグネシウム（Mg）と反応して窒化マグネシウム（Mg<sub>3</sub>N<sub>2</sub>）64を生成する。この窒化マグネシウム64はアルミナを還元するので、アルミナは濡れ性がよくなる。その結果、凝集アルミナ粉末間にアルミニウム合金52の溶湯が浸透する。アルミニウム合金52が凝固してアルミニウム基複合材ビレット66が完成する。

#### 【0054】

（c）：アルミニウム基複合材ビレット66（以下「ビレット66」と略記する。）は、混合粉末51にアルミニウム合金52が浸透したものである。

（d）：必要に応じて、ビレット66をNC（数値制御）旋盤67で所定の外径寸法に切削加工する。

なお、図7、図2に示した複合材料製造工程及びビレット形成工程は、一例であり、複

合材料を製造する方法は任意である。

### 【0055】

次に第1の成形方法とは別の成形方法を説明する。

図8は、本発明の第2、第3の成形方法で成形した金属基複合材製第2、第3の成形品の説明図である。

第2の成形品68は、金属基複合材製成形品で、ディスクブレーキのブレーキディスクである。

第3の成形品71は、コ字状の部材で、例えば、ディスクブレーキのキャリパーである。

。

### 【0056】

ブレーキディスク（第2の成形品68）は、中央に形成した締結部72と、締結部72に連ねて形成した筒状の連結部73と、連結部73に連ねて外方に形成した摺動部74とからなる。

締結部72は、車両の駆動装置側に複数のボルトで固定される部位で、締結部72のセラミックス体積含有率V<sub>m2</sub>は約40%である。

摺動部74は、摺動面75, 75を有し、摺動面75, 75にパッドを押圧して、摩擦を得る。この摩擦でブレーキディスクの回転を停止させる。

### 【0057】

このように構成した金属基複合材製第2の成形品68を成形する第2の成形方法を次に説明する。第3の成形品71を成形する第3の成形方法は後述する。

### 【0058】

図9は、本発明の第2の成形方法の加圧工程（前半）を説明する図である。第2の成形方法の複合材料製造工程及びビレット加熱工程は、第1の成形方法と同様であり、説明を省略する。

### 【0059】

第2の成形方法のビレット形成工程では、金属基複合材料27（図2参照）又はアルミニウム基複合材ビレット66（図7参照）を用いて第2ビレット77を円柱状に形成する。H<sub>b</sub>は成形前の第2ビレット77の高さ、D<sub>2</sub>は直径を示す。

### 【0060】

加圧工程では、580℃以上の第2ビレット77を金型78に矢印eの如くセットし、金型78を取り付けたプレス機41の稼働により所定形状に成形する。詳しくは、金型78は、下型ダイ81と、上型パンチ82と、図に示していない温度調整手段と、を備える閉塞金型である。

温度調整手段は、任意であり、例えば、流体や電気で温度調整可能に構成する。設定温度は、例えば、300℃に設定する。金型の温度は常温でも可能である。

なお、金型78の形状や構成は一例である。

### 【0061】

プレス機41の操作盤に設定する主な成形条件は、例えば、プレス圧力Pは約650kg/cm<sup>2</sup>、加圧速度V<sub>p</sub>は約130mm/秒、下降ストロークSは47mmに設定した

。つまり、金型78を用い、プレス圧力P、加圧速度V<sub>p</sub>、所定の下降ストロークで580℃以上の第2ビレット77に圧力を加えて第2の成形品を成形する。

### 【0062】

図10(a)～(c)は、本発明の第2の成形方法の加圧工程（後半）を説明する図である。

(a)：上型パンチ82は下降を続け、下降ストロークS4になるとともに、第2ビレット77の高さは、H<sub>b</sub>からH<sub>c</sub>となる。この第2ビレット77の高さがH<sub>c</sub>となるまでの過程では、580℃以上のマトリックスであるところのアルミニウム合金22は、加圧でつぶれ始めると同時に、横（図の左右方向、図の表裏方向）の外方に矢印f, f'の如く流出し始める。一方、凝集体21・・・の粒は、分散した状態を維持し、ほとんどが横に

移動せずに止まる。

**【0063】**

(b) : さらに上型パンチ82が下降を続けると、アルミニウム合金22は、さらに外方に凝集体21・・・の粒の間からしみ出るように流出し、一方、凝集体21・・・は、凝集体21・・・同士の接触や衝突により破壊し始め、小さな凝集体やアルミナ(A<sub>12</sub>O<sub>3</sub>)の粒子になり始める。

**【0064】**

(c) : 引き続き下降を続け、上型パンチ82が下限の下降ストロークに達すると同時に、第2の成形品68が完成する。h1は成形後のビレット高さで、板の厚さに相当する。

下限の下降ストロークに達するまでの過程では、アルミニウム合金22は外方への流出を続け、凝集体21・・・の粒は、圧力が加わり凝集体が崩れ、小さな凝集体やアルミナ(A<sub>12</sub>O<sub>3</sub>)の粒子となって、ほとんどは第2の成形品68の中央部である締結部72でに止まり、残りはアルミニウム合金22の外方への流出とともにアルミニウム合金22で押し流され外方(矢印g, gの方向)へ移動する。その結果、第2の成形品68の中央部であるところの締結部72のセラミックス体積含有率VfはVm2(約40%)となり、第2の成形品68の周縁部であるところの摺動部74のセラミックス体積含有率VfはVe2(約18%)となる。

**【0065】**

ここで、第2の成形品68の圧縮比をRhとしたときに、締結部72の圧縮比Rhは、 $Rh = Hb / h1$ で、例えば、6.8である。摺動部74の圧縮比Rhは、設定しない。つまり、第2の成形方法では、圧縮比Rhを第2の成形品11の締結部72と摺動部74とで変える。

**【0066】**

図11は、本発明の第2の成形方法で成形した成形品の中央部のセラミックス体積含有率と周縁部のセラミックス体積含有率の関係を示したグラフであり、横軸を中央部のセラミックス体積含有率Vfとし、縦軸を周縁部のセラミックス体積含有率Vfとしたものである。成形の条件は、プレス圧力Pはビレットの投影面積に対する面圧で650kg/cm<sup>2</sup>、加圧速度Vpは約130mm/秒、加熱する所定温度は580℃以上、金型温度は300℃である。

また、図11のグラフは、図1で説明した第1の成形品11の中央部12のセラミックス体積含有率と周縁部13のセラミックス体積含有率の関係を示す。

**【0067】**

中央部(締結部72)のセラミックス体積含有率Vfの増加にほぼ比例して周縁部(摺動部74)のセラミックス体積含有率Vfは減少する。

ここでは、第2の成形品68(図8参照)はブレーキディスクであり、ブレーキディスクの締結部72(図8参照)のセラミックス体積含有率Vfは、28~42%の範囲に設定する。

**【0068】**

つまり、第2の成形方法では、中央部(締結部72)のセラミックス体積含有率Vfは、28~42%の範囲に設定する。

中央部(締結部72)のセラミックス体積含有率Vfが28%未満では、中央部(締結部72)をボルトで取り付けた際に、ボルトの所定の締め付けトルクで締結部72が座屈することがある。

中央部(締結部72)のセラミックス体積含有率Vfが42%を超えると、セラミックスによって、加工性は悪くなり、生産コストが高くなる。

**【0069】**

ブレーキディスクの周縁部(摺動部74)のセラミックス体積含有率Vfは、15~25%の範囲に設定する。

周縁部(摺動部74)のセラミックス体積含有率Vfが15%未満では、硬度が低下し

て耐磨耗性が低下する。

周縁部（摺動部74）のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>が25%を超えると、セラミックスによって、研削や研磨など高精度を確保するための加工に手間がかかり、加工性は悪くなる。

#### 【0070】

なお、第2の成形方法の圧縮比と第2の成形品のセラミックス体積含有率の関係を示したものとして図5のグラフを見てもよい。また、第2の成形方法に用いた加圧速度と第2の成形品のセラミックス体積含有率の関係を示したものとして図6のグラフを見てもよい。

#### 【0071】

次に第1、第2の成形方法とは別の成形方法を説明する。

図12（a）～（c）は、本発明の第3の成形方法を説明する図である。（a）は金属基複合材製成形品（第3の成形品）の斜視図、（b），（c）は加圧工程を説明する図である。

#### 【0072】

（a）において、第3の成形品71は、コ字状の部材で、中央に形成した第1板部84と、第1板部84に連ねて形成した第2板部85，85とからなり、例えば、第2板部85，85で力F，Fを受ける。86，86はコーナ部、h3は成形後のビレット高さで、板の厚さに相当する。

#### 【0073】

また、コ字状の部材（第3の成形品71）は、第2板部85，85の先端側のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>よりコーナ部86，86のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>を大きくすることで、コ字状の部材の強度の向上と軽量化とを図ったものである。

このような金属基複合材製第3の成形品71を成形する第3の成形方法を次に説明する。複合材料製造工程及びビレット加熱工程は、第1の成形方法と同様であり、説明を省略する。

#### 【0074】

（b）：第3の成形方法のビレット形成工程では、金属基複合材料27（図2参照）又はアルミニウム基複合材ビレット66（図7参照）を用いて第3ビレット87を形成する。第3ビレット87は、所定の幅、長さで形成するとともに、成形前のビレット高さをHdに形成した板である。

加圧工程では、580℃以上の第3ビレット87を金型88に矢印の如くセットし、金型88を取り付けたプレス機41の稼働により所定形状に成形する。詳しくは、金型88は、下型ダイ91と、上型パンチ92と、図に示していない温度調整手段と、を備える。

#### 【0075】

プレス機41の操作盤に設定する主な成形条件は、プレス圧力P、加圧速度V<sub>p</sub>、下降ストロークSとした。

つまり、金型88を用い、プレス圧力P、加圧速度V<sub>p</sub>、所定の下降ストロークで580℃以上の第3ビレット87に圧力を加えて第3の成形品を成形する。

#### 【0076】

（c）：上型パンチ92を下限までストロークさせることで、第3の成形品71が完成する。

第3ビレット87に圧力を加える過程では、既に説明したように、アルミニウム合金22は加圧でつぶれ始めると同時に、横（図の左右方向）の外方に凝集体21・・・の粒の間からしみ出るように流出し、一方、凝集体21・・・は、凝集体21・・・同士の接触や衝突により破壊するとともに圧力が加わり凝集体が崩れ、小さな凝集体やアルミナ（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）の粒子となってほとんどは第1板部84からコーナ部86，86までの間に止まる。その結果、（a）に示した第3の成形品71（コ字状の部材）の第1板部84のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>はVm3（約40%）、コーナ部86，86のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>は約37%となる。つまり、大きな力がかかるコーナ部86，86のセラミ

ックス体積含有率 $V_f$ を大きくすることで、コーナ部86, 86の材料のヤング率を大きくし、コ字状の部材の強度の向上と軽量化を図ることができる。

第3の成形品71の周縁部であるところの第2板部85, 85のセラミックス体積含有率 $V_f$ は $V_e 3$ （約18%）となる。

#### 【0077】

ここで、第3の成形品71の第1板部84の圧縮比 $R_h$ は、 $R_h = H_d / h_3$ である。第2板部85, 85の圧縮比 $R_h$ は、設定せず、必要な板厚を設定する。

つまり、第3の成形方法では、圧縮比 $R_h$ を第3の成形品71の第1板部84と第2板部85, 85とで変える。

#### 【0078】

次に第1～第3の成形方法とは別の成形方法を説明する。

図13は、本発明の第4の成形方法で成形した金属基複合材製第4の成形品を説明する図である。

第4の成形品94は、円筒部材であり、ケース95に鉄包んだもので、ケース95に取り付けたフランジ96側にシート面97を有する。

#### 【0079】

円筒部材（第4の成形品94）はまた、周壁103のフランジ96側の一端104から中央部105までの間のセラミックス体積含有率 $V_f$ は $V_m 4$ で、このセラミックス体積含有率 $V_m 4$ はビレット時のセラミックス体積含有率 $V_b$ （約23～24%）より高く、ケース95の内側101の他端106から中央部105までの間のセラミックス体積含有率 $V_e 4$ は、ビレット時のセラミックス体積含有率 $V_b$ より低い。つまり、セラミックス体積含有率 $V_f$ を $V_m 4$ まで高めた一端104にシート面97を形成したものである。

#### 【0080】

シート面97は、セラミックス体積含有率を $V_m 4$ まで高めることによって、フランジ96を取り付けるボルトの締め付け力（軸力）に耐える強度を有し、ボルトの締め付けトルクによって発生した面圧 $p$ でフランジ96が密着しても変形することではなく、例えば、油圧（作動油）や空圧（空気）の漏れを防ぎ、高圧を確保することができる。

このような金属基複合材製第4の成形品94を成形する第4の成形方法を次に説明する。

#### 【0081】

図14は、本発明の第4の成形方法の加圧工程を説明する図（その1）である。複合材料製造工程及びビレット加熱工程は、第1の成形方法と同様であり、説明を省略する。

第4の成形方法のビレット形成工程では、金属基複合材料27（図2参照）又はアルミニウム基複合材ビレット66（図7参照）を用いて第4ビレット107を円柱形状に形成する。D3は直径、H<sub>e</sub>は成形前の第4ビレット107の高さを示す。

#### 【0082】

加圧工程では、580℃以上の第4ビレット107を金型108に二点鎖線で示すようにセットし、金型108を取り付けたプレス機41の稼働により所定形状に成形する。具体的には、金型108は、下型ダイ111と、上型パンチ112と、図に示していない温度調整手段と、を備え、この金型108を用い、プレス圧力P、加圧速度V<sub>p</sub>、所定の下降ストロークで580℃以上の第4ビレット107に圧力を加えて第4の成形品を成形する。

#### 【0083】

図15（a），（b）は、本発明の第4の成形方法の加圧工程を説明する図（その2）である。

（a）：第4ビレット107に圧力を加える過程では、前に説明したように、アルミニウム合金22は、凝集体21…の粒の間から外方（矢印j, jの方向）にしみ出るよう流出し、一方、凝集体21…は、凝集体21…同士の接触や衝突により破壊し始め、小さな凝集体やアルミナ（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）の粒子になり始める。

#### 【0084】

(b) : 引き続き、上型パンチ112を下限までストロークさせることで、貫通させ、第4の成形品94(図13参照)を得る。

第4ビレット107((a)参照)に圧力を加え続ける過程でsは、凝集体21...に圧力が加わり凝集体が崩れて、小さな凝集体やアルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )の粒子となり、これらの小さな凝集体やアルミナの粒子のほとんどは中央に止まり、残りはアルミニウム合金22の外方への流出とともにアルミニウム合金22によって押し流され横(図の左右方向、図の表裏方向)の外方へ移動する。その結果、第4の成形品94(図13参照)の中央部に相当する一端104のセラミックス体積含有率 $V_f$ は $V_m4$ (約40%)となり、第4の成形品94(図13参照)の周縁部であるところの他端106のセラミックス体積含有率 $V_f$ は $V_e4$ (約18%)となる。

#### 【0085】

ここで、 $h_4$ は成形後のビレット高さを示し、例えば、1mmとする。上型パンチ112を貫通させたから、成形後のビレット高さは、0mmであるが、1mmに設定した場合の一端104のセラミックス体積含有率 $V_f$ と比べて、セラミックス体積含有率 $V_f$ はほとんど変わらず、第4の成形品94(図13参照)の圧縮比 $R_h$ は、 $R_h = H_e / h_4$ である。周壁103の圧縮比 $R_h$ は、設定せず、必要な板厚を設定する。

つまり、第4の成形方法では、圧縮比 $R_h$ を第4の成形品94の底側と周壁103とで変える。

#### 【0086】

図16は、本発明の第4の成形方法の加圧工程を説明する図(その3)である。

金型108(図15参照)を開いて、第4の成形品94を取り出す。

次工程では、第4の成形品94を鋳型にセットし、鋳造する。

#### 【0087】

このように、本発明の成形方法では、圧縮比 $R_h$ を成形品の部位別に変えるのに際して、第1～第4の成形方法では、圧縮比 $R_h$ を第1～第4の成形品11, 68, 71, 94のそれぞれの中央部に設定することで、第1～第4の成形品のセラミックス体積含有率 $V_f$ を中央部と周縁部とで異ならせる。成形金型を閉じるだけで、自然にセラミックス体積含有率は成形品の部位別に異なるから、セラミックス体積含有率を成形品の部位別に異ならせた金属基複合材製成形品をより容易に製造することができるという利点がある。

#### 【0088】

次に請求項2を実施するための最良の形態について説明する。

図17(a)～(c)は、本発明の第5～第7の成形方法で成形した金属基複合材製第5～第7の成形品の斜視図である。(a)は第5の成形品117の斜視図、(b)は第6の成形品118の斜視図、(c)は第7の成形品121の斜視図である。なお、上記図1及び図2に示す実施の形態と同様の構成については、同一符号を付し説明を省略する。

#### 【0089】

(a)において、第5の成形品117は、第1の成形品11(図1参照)とはセラミックス体積含有率 $V_f$ の漸減の傾きが逆で、中央部122から周縁部123に向かってセラミックス体積含有率 $V_f$ が漸増する。具体的には、中央部122のセラミックス体積含有率は $V_m5$ (約18%)で、周縁部123のセラミックス体積含有率は $V_e5$ (約40%)で、中央部122のセラミックス体積含有率 $V_m5$ より周縁部123のセラミックス体積含有率 $V_e5$ が高い( $V_e5 > V_m5$ )円盤状の板材である。

また、金属基複合材料27(図2参照)のセラミックス体積含有率 $V_b$ に比べ、中央部122及び周縁部123のセラミックス体積含有率は、 $V_m5 < V_b < V_e5$ である。

#### 【0090】

中央部122のヤング率を $E_m5$ 、周縁部123のヤング率を $E_e5$ ( $E_e5 > E_m5$ )としたときに、金属基複合材料27(図2参照)のヤング率 $E_b$ に比べ、中央部122及び周縁部123のヤング率は、 $E_m5 < E_b < E_e5$ である。

#### 【0091】

(b)において、第6の成形品118は、中央部124から周縁部125に向かってセ

ラミックス体積含有率  $V_f$  が漸減する。具体的には、中央部 124 のセラミックス体積含有率は  $V_m 6$  (約 28%) で、周縁部 125 のセラミックス体積含有率は  $V_e 6$  (約 20%) で、中央部 124 のセラミックス体積含有率  $V_m 6$  より周縁部 125 のセラミックス体積含有率  $V_e 6$  が低い ( $V_e 6 < V_m 6$ ) 円盤状の板材である。

#### 【0092】

また、金属基複合材料 27 (図 2 参照) のセラミックス体積含有率  $V_b$  に比べ、中央部 124 のセラミックス体積含有率  $V_m 6$  は高く、周縁部 125 のセラミックス体積含有率  $V_e 6$  は、ほぼ同じである。

#### 【0093】

(c)において、第 7 の成形品 121 は、第 6 の成形品 118 ((b) 参照) とはセラミックス体積含有率  $V_f$  の漸減の傾きが逆で、中央部 126 から周縁部 127 に向かってセラミックス体積含有率  $V_f$  が漸増する。具体的には、中央部 126 のセラミックス体積含有率は  $V_m 7$  (約 20%) で、周縁部 127 のセラミックス体積含有率は  $V_e 7$  (約 28%) で、中央部 126 のセラミックス体積含有率  $V_m 7$  より周縁部 127 のセラミックス体積含有率  $V_e 7$  が高い ( $V_e 7 > V_m 7$ ) 円盤状の板材である。

#### 【0094】

また、金属基複合材料 27 (図 2 参照) のセラミックス体積含有率  $V_b$  に比べ、中央部 126 のセラミックス体積含有率  $V_m 7$  は高く、周縁部 127 のセラミックス体積含有率  $V_e 7$  は、ほぼ同じである。

次に金属基複合材製第 5 ~ 第 7 の成形品 117, 118, 121 を成形する第 5 ~ 第 7 の成形方法を順に説明する。

#### 【0095】

図 18 (a) ~ (c) は、本発明の金属基複合材製第 5 の成形品の第 5 の成形方法を説明する図であり、第 5 の成形方法のビレット形成工程、加圧工程を示す。複合材料製造工程及びビレット加熱工程は、第 1 の成形方法と同様であり、説明を省略する。

#### 【0096】

(a) : 第 5 の成形方法のビレット形成工程では、金属基複合材料 27 (図 2 参照) 又はアルミニウム基複合材ビレット 66 (図 7 参照) を用いて第 5 ビレット 128 を形成する。第 5 ビレット 128 は、中央に穴部 132 を有する板状の円環体 131 で、成形前のビレット高さであるところの円環体 131 の高さを  $H_g$  に形成したものである。

つまり、第 5 ビレット 128 は、中央の穴部 132 に対して、高さ  $H_g$  だけ高さに変化をもたせたものである。

#### 【0097】

(b) : 加圧工程では、580℃以上の第 5 ビレット 128 を金型 133 に矢印の如くセットし、金型 133 を取り付けたプレス機 41 の稼働により所定形状に成形する。具体的には、金型 133 は、下型ダイ 134 と、上型パンチ 135 と、図に示していない温度調整手段と、を備え、この金型 133 を用い、プレス圧力  $P$ 、加圧速度  $V_p$ 、所定の下降ストロークで 580℃以上の第 5 ビレット 128 に圧力を加えて第 5 の成形品 117 (図 17 (a) 参照) を成形する。

#### 【0098】

(c) : 引き続き、上型パンチ 135 を下限までストロークさせることで、第 5 の成形品 117 が完成する。

第 5 ビレット 128 ((b) 参照) に圧力を加える過程では、既に説明した機構と同様に、アルミニウム合金 22 は加圧でつぶれ始めると同時に、横 (図の左右方向、図の表裏方向) の内方に矢印  $k$ ,  $k$  の如く凝集体 21···の粒の間からしみ出るように流出し、一方、凝集体 21···は、凝集体 21···同士の接触や衝突により破壊するとともに圧力が加わり凝集体が崩れ、小さな凝集体やアルミナ ( $Al_2O_3$ ) の粒子となってほとんどは円環体 131 側に止まり、穴部 132 側の内方に移動しない。その結果、第 5 の成形品 117 の中央部 122 のセラミックス体積含有率  $V_f$  は  $V_m 5$  (約 18%) となるとともに、周縁部 123 のセラミックス体積含有率  $V_f$  は  $V_e 5$  (約 40%) となる。

## 【0099】

ここで、 $h_1$ は成形後のビレット高さを示し、第5の成形品117の板の厚さに相当する。第5の成形品117の円環体131の圧縮比 $R_h$ は、 $R_h = H_g / h_1$ である。中央部122の圧縮比 $R_h$ は設定しない。

つまり、第5の成形方法では、圧縮比 $R_h$ を第5の成形品117の円環体131と中央部122とで変える。

## 【0100】

図19(a)～(c)は、本発明の金属基複合材製第6の成形品の第6の成形方法を説明する図であり、第6の成形方法のビレット形成工程、加圧工程を示す。複合材料製造工程及びビレット加熱工程は、第1の成形方法と同様であり、説明を省略する。

## 【0101】

(a)：第6の成形方法のビレット形成工程では、金属基複合材料27(図2参照)又はアルミニウム基複合材ビレット66(図7参照)を用いて第6ビレット136を形成する。第6ビレット136は、円盤部137と、円盤部137の中央に凸状に一体形成した円柱部138と、からなる。円盤部137の厚さを $t_6$ に形成し、円柱部138の高さは、成形前のビレット高さである $H_j$ に形成した。

つまり、第6ビレット136は、円盤部137の厚さ $t_6$ に比べ、円柱部138に高さ $H_j$ だけ高さに変化をもたせものである。

## 【0102】

(b)：加圧工程では、580℃以上の第6ビレット136を金型141に矢印の如くセットし、金型141を取り付けたプレス機41の稼働により所定形状に成形する。詳しくは、金型141は、下型ダイ142と、上型パンチ143と、図に示していない温度調整手段と、を備え、この金型141を用い、プレス圧力P、加圧速度V<sub>p</sub>、所定の下降ストロークで580℃以上の第6ビレット136に圧力を加えて第6の成形品118(図17(b)参照)を成形する。

## 【0103】

(c)：引き続き、上型パンチ143を下限までストロークさせることで、第6の成形品118が完成する。

第6ビレット136((b)参照)に圧力を加える過程では、既に説明した機構と同様に、円柱部138はつぶれ始めると同時に円柱部138のアルミニウム合金22は加圧で外方(矢印の方向)に凝集体21・・・の粒の間からしみ出るように流出し、一方、円柱部138の凝集体21・・・は、凝集体21・・・同士の接触や衝突により破壊するとともに圧力が加わり凝集体が崩れ、小さな凝集体やアルミナ( $Al_2O_3$ )の粒子となってほとんどは円柱部138側に止まる。その結果、第6の成形品118の中央部124のセラミックス体積含有率 $V_f$ は $V_m6$ (約28%)となる。周縁部125のセラミックス体積含有率 $V_f$ は $V_e6$ (約20%)となる。

## 【0104】

ここで、 $h_1$ は成形後のビレット高さを示し、第6の成形品118の板の厚さに相当する。第6の成形品118の中央部124の圧縮比 $R_h$ は、 $R_h = H_j / h_1$ である。周縁部125の圧縮比 $R_h$ は、 $R_h = t_6 / h_1$ で、約1である。

つまり、第6の成形方法では、圧縮比 $R_h$ を第6の成形品118の中央部124と周縁部125とで変える。

## 【0105】

図20(a)～(c)は、本発明の金属基複合材製第7の成形品の第7の成形方法を説明する図であり、第7の成形方法のビレット形成工程、加圧工程を示す。複合材料製造工程及びビレット加熱工程は、第1の成形方法と同様であり、説明を省略する。

## 【0106】

(a)：第7の成形方法のビレット形成工程では、金属基複合材料27(図2参照)又はアルミニウム基複合材ビレット66(図7参照)を用いて第7ビレット144を形成する。第7ビレット144は、中央に円形の凹部146を有する円板145で、凹部146

の底の厚さを  $t_7$  に形成し、円板 145 の高さは、成形前のビレット高さである  $H_k$  に形成したものである。

つまり、第 7 ビレット 144 は、凹部 146 の底の厚さ  $t_7$  に比べ、円板 145 に高さ  $H_k$  だけ高さに変化をもたせたものである。

#### 【0107】

(b) : 加圧工程では、580°C 以上の第 7 ビレット 144 を金型 147 に矢印の如くセットし、金型 147 を取り付けたプレス機 41 の稼働により所定形状に成形する。金型 147 は、下型ダイ 151 と、上型パンチ 152 と、図に示していない温度調整手段と、を備え、この金型 147 を用い、プレス圧力  $P$ 、加圧速度  $V_p$ 、所定の下降ストロークで 580°C 以上の第 7 ビレット 144 に圧力を加えて第 7 の成形品 121 (図 17 (c) 参照) を成形する。

#### 【0108】

(c) : 引き続き、上型パンチ 152 を下限までストロークさせることで、第 7 の成形品 121 が完成する。

第 7 ビレット 144 ((b) 参照) に圧力を加える過程では、既に説明した機構と同様に、円板 145 はつぶれ始めると同時に円板 145 のアルミニウム合金 22 は加圧で内方に、凝集体 21...の粒の間からしみ出るように流出し、一方、凝集体 21...は、凝集体 21...同士の接触や衝突により破壊するとともに圧力が加わり凝集体が崩れ、小さな凝集体やアルミナ ( $Al_2O_3$ ) の粒子となってほとんどは凹部 146 側に移動せずに止まる。その結果、第 7 の成形品 121 の中央部 126 のセラミックス体積含有率  $V_f$  は  $V_m7$  (約 20%) になるとともに、周縁部 127 のセラミックス体積含有率  $V_f$  は  $V_e7$  (約 28%) となる。

#### 【0109】

ここで、 $h_1$  は成形後のビレット高さを示し、第 7 の成形品 121 の板の厚さに相当する。第 7 の成形品 121 の中央部 126 の圧縮比  $R_h$  は、 $R_h = H_k / h_1$  である。周縁部 127 の圧縮比  $R_h$  は、 $R_h = t_7 / h_1$  で、1 未満である。

つまり、第 7 の成形方法では、圧縮比  $R_h$  を第 7 の成形品 118 の中央部 126 と周縁部 127 とで変える。

#### 【0110】

このように、本発明の第 5 ~ 第 7 の成形方法では、圧縮比  $R_h$  を成形品のそれぞれの部位別に変えるのに際して、第 5 ~ 第 7 の成形品に用いる第 5 ~ 第 7 ビレットは、部位別に高さに変化をもたせたので、金型を閉じるだけの一回の動作で、成形後のビレット高さ  $h_1$  を変えることなく、第 5 ~ 第 7 の成形品のセラミックス体積含有率を部位別に変えることができ、成形品のセラミックス体積含有率を部位別に変える成形作業は容易になる。

#### 【0111】

次に請求項 3 を実施するための最良の形態について説明する。

図 21 (a), (b) は、本発明の金属基複合材製第 8 の成形品の第 8 の成形方法を説明する図 (前半) である。上記図 1 及び図 2 に示す実施の形態と同様の構成については、同一符号を付し説明を省略する。また、複合材料製造工程及びビレット加熱工程は、第 1 の成形方法と同様であり、説明を省略する。

#### 【0112】

(a) : 第 8 の成形方法のビレット形成工程では、金属基複合材料 27 (図 2 参照) 又はアルミニウム基複合材ビレット 66 (図 7 参照) を用いて第 8 ビレット 153 を形成する。第 8 ビレット 153 は、直径  $D_8$ 、厚さ  $t_8$  の円板である。

#### 【0113】

第 8 の成形方法の加圧工程では、分割金型 154 を用いることを特徴とする。

分割金型 154 は、下型ダイ 155 と、分割上型パンチ 156 と、図に示していない温度調整手段と、を備える。

分割上型パンチ 156 は、中央に取り付けたインナーパンチ 157 と、インナーパンチ 157 の外方に配置したアウターパンチ機構 161 と、インナーパンチ 157 に配置した穿

孔機構16・2と、を備える。

アウタパンチ機構16・1及び穿孔機構16・2は、油圧装置16・3に接続され、予め成形条件を設定した制御装置16・4の情報に基づいて制御される。

#### 【0114】

- このようない分割金型15・4に580℃以上の第8ビレット15・3を矢印の如くセットし、分割金型15・4を取り付けたプレス機4・1の稼働により成形を開始する。
- まず、アウタパンチ機構16・1のアウタパンチ16・5を矢印m、mの如く下限まで下降させる。引き続き、分割上型パンチ15・6をプレス機4・1で下降させる。

#### 【0115】

- (b) : 分割上型パンチ15・6を下降させることで、アウタパンチ16・5を第8ビレット15・3の周縁部16・6に当てるとともに、プレス機4・1の下降（白抜き矢印の方向）の過程によってアウタパンチ16・5で周縁部16・6を厚さt<sub>e</sub>に成形する。その過程で、周縁部16・6のアルミニウム合金2・2は第8ビレット15・3の中央側へ矢印n、nの如く流動するように流出して、既に説明した機構によって、金属基複合材料2・7（図2参照）のセラミックス体積含有率に比べ、周縁部16・6のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>は高くなる。
- 周縁部16・6の圧縮比R<sub>h</sub>は、 $R_h = t_8 / t_e$ で、例えば6以上に成形する。

続けて、インナーパンチ15・7での成形を開始する。

#### 【0116】

図22(a)～(c)は、本発明の金属基複合材製第8の成形品の第8の成形方法を説明する図（後半）である。

- (a) : インナーパンチ15・7をプレス機4・1の下降（白抜き矢印の方向）で下降させて、インナーパンチ15・7で第8ビレット15・3の中央部16・7を凹状に成形するとともに、厚さt<sub>m</sub>に成形する。その際、プレス機4・1の下降速度に同期させてアウタパンチ機構16・1を後退（破線の矢印の方向）させることで、アウタパンチ16・5の下降を避けて静止状態を保つつつアウタパンチ16・5で周縁部16・6を押さえ続ける。

#### 【0117】

成形後の中央部16・7の厚さt<sub>m</sub>は成形前の厚さt<sub>8</sub>とほぼ同じであり、中央部16・7の圧縮比R<sub>h</sub>は、 $R_h = t_8 / t_m$ で、約1である。当然、成形後の中央部16・7のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>は第8ビレット15・3のセラミックス体積含有率と同じである。

次に、穿孔機構16・2で孔を加工する。

#### 【0118】

- (b) : 穿孔機構16・2の4本のピン16・8・・・を中心部16・7の材料内部に押し込む（実線の矢印の方向）ことで、取り付け孔16・9・・・を形成し、第8の成形品17・1が完成する。

ピン16・8・・・を押し込む過程では、ピン16・8・・・で押した押し部17・2・・・にアルミニウム合金2・2の流動及び凝集体21・・・の移動が起き、押し部17・2のセラミックス体積含有率は高くなり、結果的に、取り付け孔16・9・・・の強度を高くすることができます。

#### 【0119】

- (c) は第8の成形品17・1の斜視図である。第8の成形品17・1は、例えば、ブレーキディスクで、ブレーキディスクをボルトで固定する際に、大きな力がかかる取り付け孔16・9・・・の強度を高めたものである。金属基複合材料2・7（図2参照）の強度（ヤング率E<sub>b</sub>）に比べ、取り付け孔16・9を形成した押し部17・2の強度は高い。

また、摺動部17・3の強度及び耐磨耗性は、金属基複合材料2・7（図2参照）より優れている。

#### 【0120】

分割金型15・4を用いることで、第8ビレット15・3の形状を変えることなく、第8の成形品17・1の周縁部16・6の圧縮比R<sub>h</sub>と中央部16・7の圧縮比R<sub>h</sub>をかえることができる、結果的に、セラミックス体積含有率の高い部位を変えることができる。

**【0121】**

次に分割金型154を用いた別の成形要領を2例説明する。

第1の例では、最初にインナーパンチ157で押圧することで、中央部167のセラミックス体積含有率を高め、その次に、アウターパンチ機構161で押圧することで、周縁部166の形状を仕上げる。この場合の形状は、図8の第2の成形品68（ブレーキディスク）とほぼ同じ形状である。また、セラミックス体積含有率も同様に中央部167から周縁部166に向かって漸減する。

**【0122】**

第2の例では、最初にインナーパンチ157で押圧することで、中央部167のセラミックス体積含有率を高め、その次に、ピン168・・・で取り付け孔169を形成すると同時に押し部172のセラミックス体積含有率を高める。最後に、アウターパンチ機構161で押圧することで、周縁部166の形状を仕上げる。その結果、図8の第2の成形品68（ブレーキディスク）に高強度の取り付け孔169を形成することができる。

**【0123】**

このように、分割金型154を用いると、第8ビレット153の厚さが一定であっても、アウターパンチ165で第8ビレット153の周縁部166のセラミックス体積含有率を決定し、インナーパンチ157で第8ビレット153の中央部167のセラミックス体積含有率を決定し、穿孔機構162の4本のピン168・・・で中央部167の取り付け孔169・・・を形成した押し部172・・・のセラミックス体積含有率を決定することができる。つまり、セラミックス体積含有率の異なる部位を多く設けることができる。

**【0124】**

次に請求項4に対応する形態を説明する。

図23(a), (b)は、本発明の金属基複合材製第9の成形品の第9の成形方法を説明する図（前半）である。上記図1、図2、図8～図10に示す実施の形態と同様の構成については、同一符号を付し説明を省略する。また、複合材料製造工程、ビレット形成工程及びビレット加熱工程は、図9の第2の成形方法と同様であり、説明を省略する。

**【0125】**

(a)：第9の成形方法では、セラミックス皮膜を一部分に施した部分断熱金型78Bを用いることを特徴とする。

部分断熱金型78Bは、下型ダイ81Bと、上型パンチ82Bと、図に示していない温度調整手段と、を備え、第2の成形方法に用いた金型78（図9参照）と型の寸法は同じである。

部分断熱金型78Bの母材の材質は、例えば、合金工具鋼を選択した。

**【0126】**

下型ダイ81Bは、ビレットに接触する部位であるところの第1～第4型面177～181を有し、第1型面177は、母材（合金工具鋼）に断熱手段としてのセラミックス皮膜182をプラズマ溶射で施した部位である。

セラミックス皮膜182は、断熱を主な目的とし、熱伝導率の小さい材料を用いた。

セラミックス皮膜182の溶射材料は、ジルコニア( $ZrO_2$ )である。ジルコニア以外の溶射材料としては、ケイ酸アルミニウム( $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ )を挙げることができ、ケイ酸アルミニウムの代表的なものとしては、ムライト( $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ )がある。

**【0127】**

第9の成形方法では、セラミックス皮膜182の皮膜厚さ $t_i$ は、 $100\mu m \sim 1000\mu m$ の範囲に形成する。

皮膜厚さが $100\mu m$ 未満になると、皮膜が薄すぎて、断熱性は悪くなり、所定温度のビレット((b)の第9ビレット77Bを参照)をセットした際に、ビレットは急冷され、ビレットの表層(例えば、深さ0.5mm)に発生する急冷層は厚くなる。その結果、成形品の表層と深層(厚さの中心)との間におけるセラミックス体積含有率 $V_f$ のはらつきは大きくなる。はらつきは、データ中の最大値と最小値の差を用いた。

皮膜厚さが $1000\mu\text{m}$ を超えると、金型と接触している時間内での断熱性は最大となり、急冷層の厚さは薄くならない。所定温度のビレット((b)の第9ビレット77Bを参照)をセットした際に、ビレットの表層(例えば、深さ $0.5\text{mm}$ )に形成される急冷層の厚さは変化しない。つまり、急冷層は最も薄い状態である。その結果、成形品の表層と深層(厚さの中心)との間におけるセラミックス体積含有率Vfのばらつきをこれ以上小さくすることはできない。

#### 【0128】

なお、皮膜厚さ $t_i$ は、完成時の厚さで、例えば、切削後又は研削後の厚さであり、ここでは、 $500\mu\text{m}$ とした。

断熱手段としては、溶射被膜を採用せずに、シート、例えば、セラミックス(ケイ酸アルミニウム)の薄板を用いることも可能である。シートの厚さは、皮膜厚さと同じである。

#### 【0129】

上型パンチ82Bは、ビレットに接触する部位であるところの第1～第3型面183～185を有し、第1型面183は、母材(合金工具鋼)に断熱手段としてのセラミックス皮膜186をプラズマ溶射で施した部位である。セラミックス皮膜186は、下型ダイ81Bに施したセラミックス皮膜182と同様であり、説明を省略する。

#### 【0130】

(b)：第9の成形方法のビレット形成工程では、金属基複合材料27(図2参照)又はアルミニウム基複合材ビレット66(図7参照)を用いて第9ビレット77Bを形成する。第9ビレット77Bは、第2ビレット77(図9参照)と同様であり、直径をD2、第9ビレット77Bの高さをHbに形成した。

#### 【0131】

加圧工程では、第9ビレット77Bを $580^\circ\text{C}$ 以上に保持しながら、セラミックス皮膜を施した部分断熱金型78Bにセットし、部分断熱金型78Bを取り付けたプレス機41の稼働により成形を開始する。

加圧工程では、第9ビレット77Bを下型ダイ81Bのセラミックス皮膜182の上にセットすると、セラミックス皮膜182は第9ビレット77Bの熱を矢印u1, u2の如く断熱するので、第9ビレット77Bの表層は急冷され難い。

引き続き、上型パンチ82Bを下降させる。

#### 【0132】

図24(a), (b)は、本発明の金属基複合材製第9の成形品の第9の成形方法を説明する図(後半)である。

(a)：上型パンチ82Bを下降させてセラミックス皮膜186を第9ビレット77Bに接触させ、第9ビレット77Bを加圧する。

加圧工程では、第9ビレット77Bに上型パンチ82Bのセラミックス皮膜186を接触させると、セラミックス皮膜186は第9ビレット77Bの熱を矢印u3, u4の如く断熱するので、第9ビレット77Bの表層は急冷され難い。

#### 【0133】

また、第9ビレット77Bに圧力を加える過程では、 $580^\circ\text{C}$ 以上のアルミニウム合金22は、凝集体21…の粒の間からしみ出るように流動する。詳しくは、第9ビレット77Bは、表層に生成される急冷層は薄く、表層に位置するアルミニウム合金22の流动性は損なわれず、表層に位置するアルミニウム合金22は、深層に位置するアルミニウム合金22とほぼ同様に横の外方に小さい流動抵抗に抗して流出することができる。

#### 【0134】

(b)：上型パンチ82Bの下降を続け、下降ストロークが下限に達すると同時に、第9の成形品188が完成する。

第9ビレット77Bに圧力を加える過程では、セラミックス皮膜182, 186によつて第9ビレット77B((a)参照)の温度低下は抑制され、締結部191の表層から深層におけるセラミックス体積含有率Vfのばらつきは、小さくなる。

**【0135】**

このように、金属基複合材製成形品（第9の成形品188）の成形方法に用いる部分断熱金型78Bは、第9ビレット77Bに接触する下型ダイ81Bの第1型面177にセラミックス皮膜182を施し、また、第9ビレット77Bに接触する上型パンチ82Bの第1型面183にセラミックス皮膜186を施したもの用いたので、部分断熱金型78Bの熱伝導率は断熱手段を施さない金型より小さくなり、金型側の熱伝導率を制御しない場合に比べ、金属基複合材製成形品の表層から深層におけるセラミックス体積含有率のばらつきを小さくすることができる。

**【0136】**

図25(a)～(c)は、本発明の金属基複合材製第10の成形品の第10の成形方法を説明する図(前半)である。上記図23、図24に示す実施の形態と同様の構成については、同一符号を付し説明を省略する。

(a)：第10の成形方法では、セラミックス皮膜を全体に施した全体断熱金型78Cを用いることを特徴とする。

全体断熱金型78Cは、下型ダイ81Cと、上型パンチ82Cと、図に示していない温度調整手段と、を備える。

全体断熱金型78Cの母材の材質は、例えば、合金工具鋼である。

**【0137】**

下型ダイ81Cは、ビレットに接触する部位であるところの第1～第4型面192～195を有し、第1～第4型面192～195は、母材(合金工具鋼)に断熱手段としてのセラミックス皮膜182をプラズマ溶射で施した部位である。

**【0138】**

上型パンチ82Cは、ビレットに接触する部位であるところの第1～第3型面196～198を有し、第1～第3型面196～198は、母材(合金工具鋼)に断熱手段としてのセラミックス皮膜186をプラズマ溶射で施した部位である。

**【0139】**

加圧工程では、第10ビレット77C(図23(b)の第9ビレット77Bと同じ)を580℃以上に保持しながら、セラミックス皮膜を施した全体断熱金型78Cにセットし、全体断熱金型78Cを取り付けたプレス機41の稼働により成形を開始する。

**【0140】**

(b)：第10ビレット77Cに圧力を加える過程では、流出するアルミニウム合金22の先端201(図の左)、202(図の右)は、セラミックス皮膜182、186によって矢印u5・・・の如く断熱されるから、温度低下に伴う流動抵抗の増加は起き難い。

**【0141】**

(c)は、(b)の成形途中の第10ビレット77Cの状態を示す斜視図であり、流出するアルミニウム合金22の先端201(図の左)、202(図の右)、203、204は、(b)に示す全体断熱金型78Cに施したセラミックス皮膜182、186の断熱によって温度低下に伴う流動抵抗の増加は起き難い。その結果、(c)に示す締結部205の両面の表層に位置するアルミニウム合金22は、深層に位置するアルミニウム合金22と同様に矢印w・・・の如く流出する。従って、締結部205の表層から深層におけるセラミックス体積含有率Vfのばらつきはより小さくなる。

**【0142】**

図26は、本発明の金属基複合材製第10の成形品の第10の成形方法を説明する図(後半)である。

上型パンチ82Cの下降を続け、下降ストロークが下限に達すると同時に、第10の成形品206が完成する。

第10ビレットに圧力を加える過程では、セラミックス皮膜182、186によって流出する第10ビレットの先端の温度低下も抑制するので、締結部205の表層から深層におけるセラミックス体積含有率Vfのばらつきは、セラミックス皮膜182、186を施していない金型より小さくなる。

## 【0143】

図27は、本発明の成形方法に用いた断熱手段を施した金型と成形品のセラミックス体積含有率の関係を示したグラフであり、横軸を、断熱なし、部分断熱、全体断熱の金型とし、縦軸をセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>としたものである。なお、成形の条件は、プレス圧力Pはビレットの投影面積に対する面圧で650kg/cm<sup>2</sup>、加圧速度V<sub>p</sub>は約130mm/秒、ビレットの加熱する所定温度は580℃以上、圧縮比R<sub>h</sub>は6.8、金型温度は300℃、金型に溶射したセラミックス皮膜の皮膜厚さは500μmである。

## 【0144】

○印は、締結部の一方の表層で、深さ0.5mmの位置のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>を示す。

◎印は、締結部の他方の表層で、深さ0.5mmの位置のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>を示す。

●印は、締結部の深層で、厚さの中心となる深さ4mmの位置のセラミックス体積含有率V<sub>f</sub>を示す。

## 【0145】

断熱なしは、セラミックス皮膜を施さない金型で、図9の金型78に相当する。

部分断熱は、ビレットに接触する部位の中央にのみセラミックス皮膜を施した金型で、図23の金型78Bに相当する。

全体断熱は、ビレットに接触する部位の全体にセラミックス皮膜を施した金型で、図25の金型78Cに相当する。

## 【0146】

断熱なしの金型では、セラミックス体積含有率V<sub>f</sub>は28%～42%で、ばらつき（最大値と最小値の差）は14である。

部分断熱の金型では、セラミックス体積含有率V<sub>f</sub>は31%～39%で、ばらつきは8まで小さくなる。

全体断熱の金型では、セラミックス体積含有率V<sub>f</sub>は33%～38%で、ばらつきは5までさらに小さくなる。

## 【0147】

尚、本発明の金属基複合材製成形品の成形方法は、実施の形態では四輪車に適用したが、二輪車にも適用可能であり、一般の車両や産業機械に適用することは差し支えない。

## 【産業上の利用可能性】

## 【0148】

本発明の金属基複合材製成形品の成形方法は、四輪車に好適である。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0149】

【図1】本発明の第1の成形方法で成形した金属基複合材製第1の成形品の説明図

【図2】本発明の成形方法の複合材料製造工程及びビレット形成工程を説明する図

【図3】本発明の第1の成形方法のビレット加熱工程及び加圧工程（前半）を説明する図

【図4】本発明の第1の成形方法の加圧工程（後半）を説明する図

【図5】本発明の第1の成形方法の圧縮比と第1の成形品のセラミックス体積含有率の関係を示したグラフ

【図6】本発明の第1の成形方法で使用する金型の加圧速度と第1の成形品のセラミックス体積含有率の関係を示したグラフ

【図7】別の複合材料製造工程及び別のビレット形成工程を説明する図

【図8】本発明の第2、第3の成形方法で成形した金属基複合材製第2、第3の成形品の説明図

【図9】本発明の第2の成形方法の加圧工程（前半）を説明する図

【図10】本発明の第2の成形方法の加圧工程（後半）を説明する図

【図11】本発明の第2の成形方法で成形した成形品の中央部のセラミックス体積含

有率と周縁部のセラミックス体積含有率の関係を示したグラフ

【図12】本発明の第3の成形方法を説明する図

【図13】本発明の第4の成形方法で成形した金属基複合材製第4の成形品を説明する図

【図14】本発明の第4の成形方法の加圧工程を説明する図（その1）

【図15】本発明の第4の成形方法の加圧工程を説明する図（その2）

【図16】本発明の第4の成形方法の加圧工程を説明する図（その3）

【図17】本発明の第5～第7の成形方法で成形した金属基複合材製第5～第7の成形品の斜視図

【図18】本発明の金属基複合材製第5の成形品の第5の成形方法を説明する図

【図19】本発明の金属基複合材製第6の成形品の第6の成形方法を説明する図

【図20】本発明の金属基複合材製第7の成形品の第7の成形方法を説明する図

【図21】本発明の金属基複合材製第8の成形品の第8の成形方法を説明する図（前半）

【図22】本発明の金属基複合材製第8の成形品の第8の成形方法を説明する図（後半）

【図23】本発明の金属基複合材製第9の成形品の第9の成形方法を説明する図（前半）

【図24】本発明の金属基複合材製第9の成形品の第9の成形方法を説明する図（後半）

【図25】本発明の金属基複合材製第10の成形品の第10の成形方法を説明する図（前半）

【図26】本発明の金属基複合材製第10の成形品の第10の成形方法を説明する図（後半）

【図27】本発明の成形方法に用いた断熱手段を施した金型と成形品のセラミックス体積含有率の関係を示したグラフ

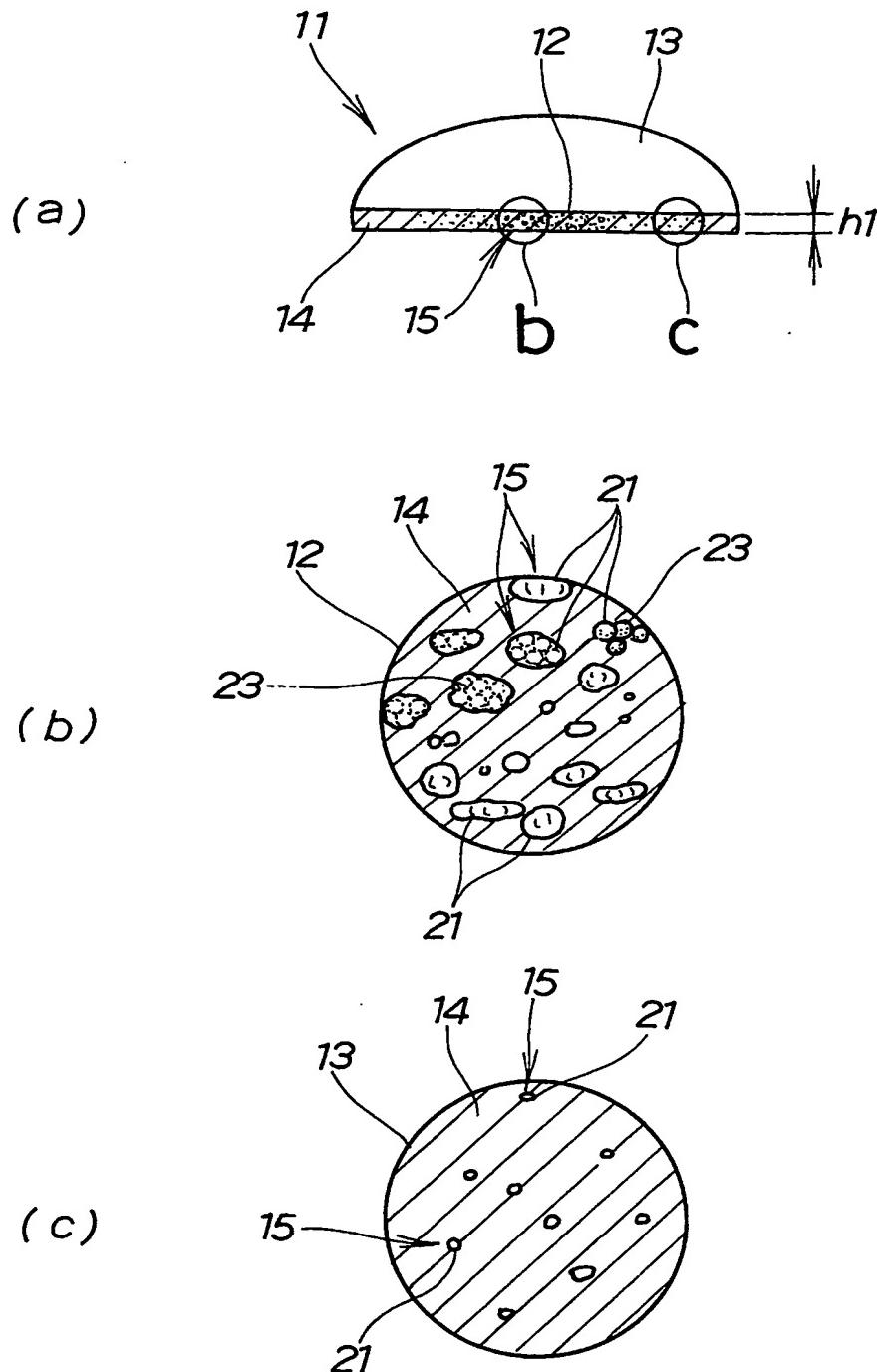
【図28】従来の複合材を一部に用いたブーリの製造方法を説明する図

【図29】従来の複合材の製造方法を説明する図

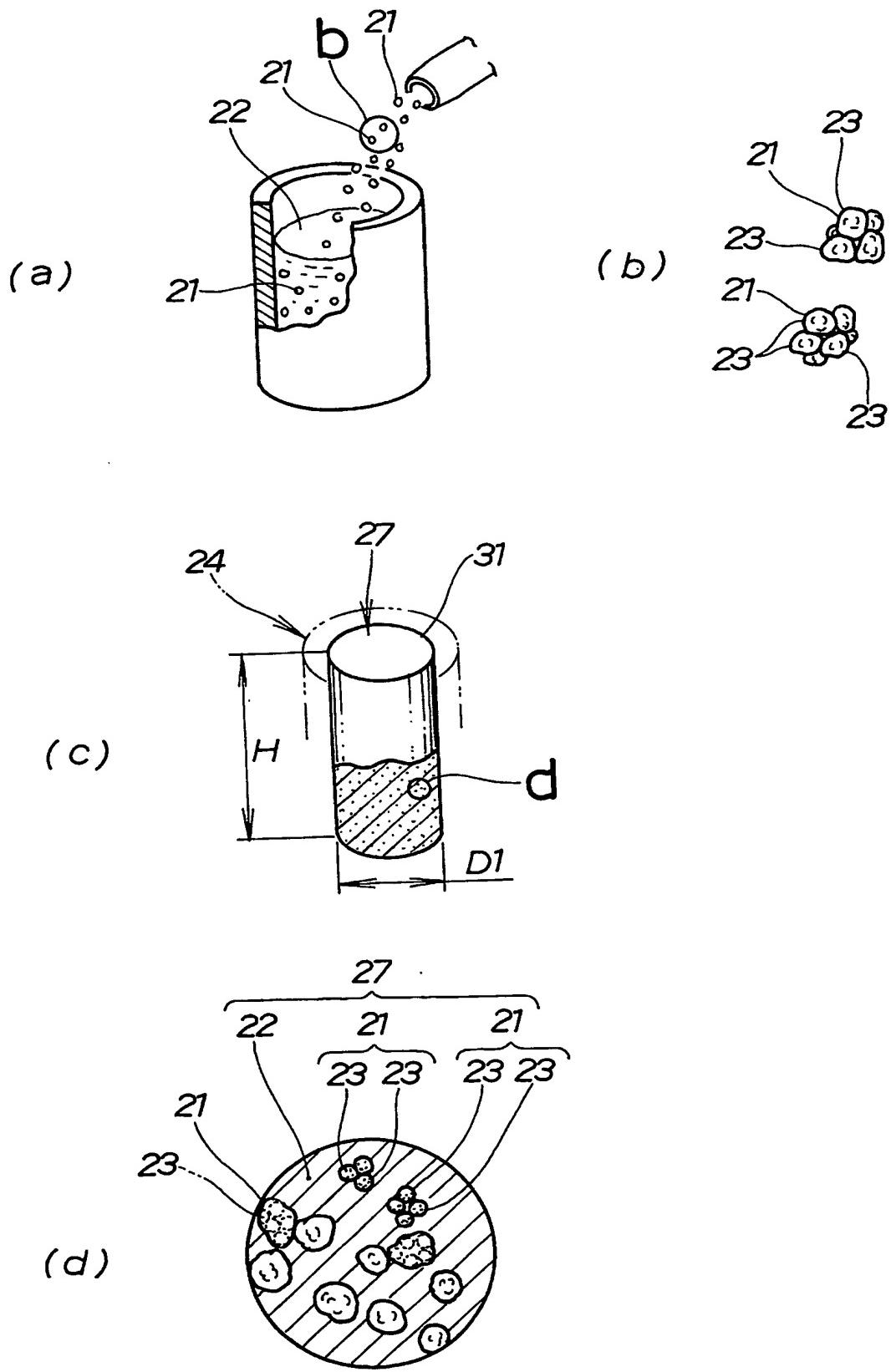
#### 【符号の説明】

##### 【0150】

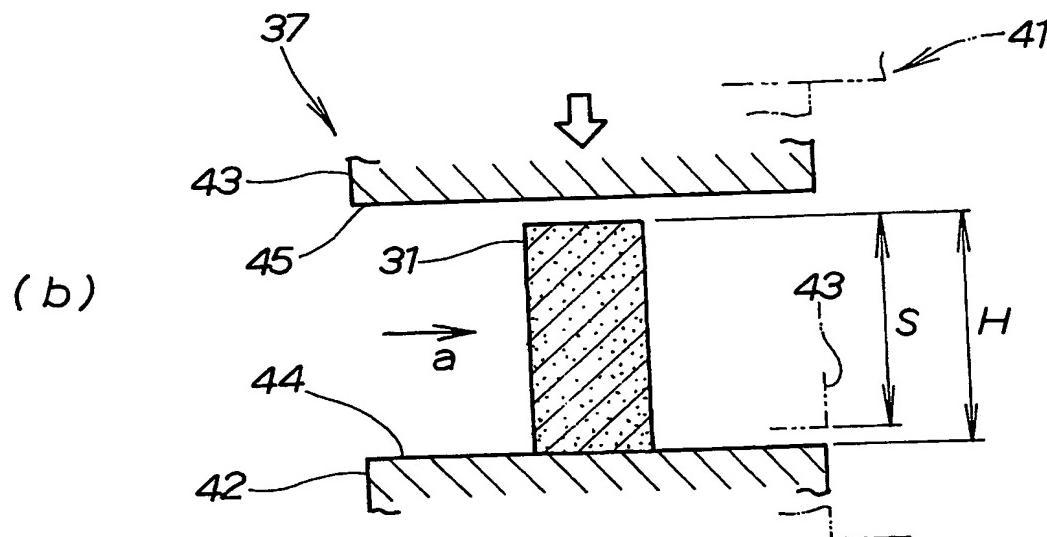
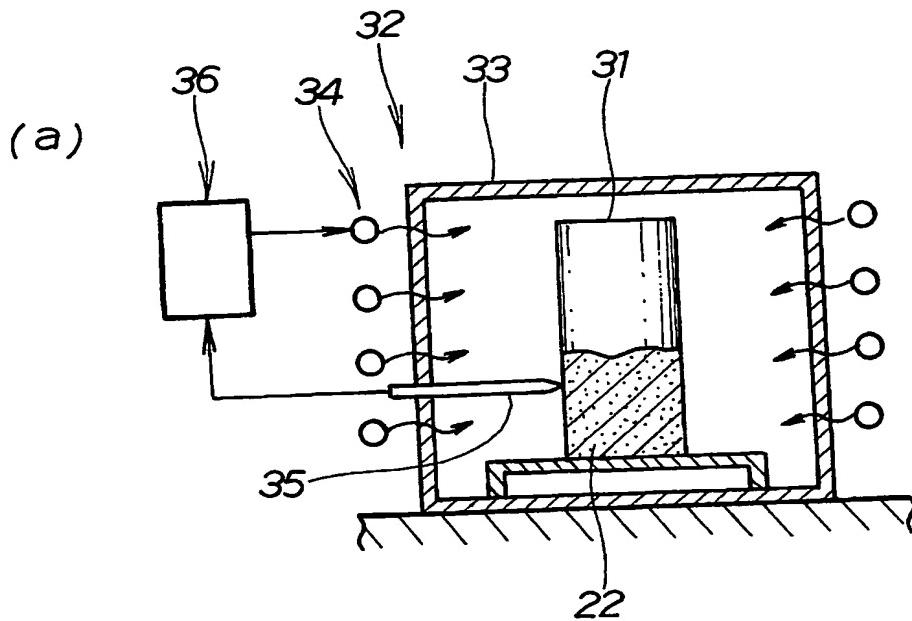
1 1…金属基複合材製第1の成形品、1 2…成形品の部位（中央部）、1 3…成形品の部位（周縁部）、1 4…金属、1 5…セラミックス、2 7…金属基複合材料、2 1…アルミニナの凝集体、2 2…アルミニウム合金、3 7…金型、3 1…第1ビレット、6 8…金属基複合材製第2の成形品、7 2…成形品の部位（締結部）、7 3…成形品の部位（連結部）、7 8 B…断熱手段を施した金型（部分断熱金型）、7 8 C…断熱手段を施した金型（全体断熱金型）、1 2 8…部位別に高さに変化をもたせたビレット（第5ビレット）、1 3 6…部位別に高さに変化をもたせたビレット（第6ビレット）、1 4 4…部位別に高さに変化をもたせたビレット（第7ビレット）、1 5 4…分割金型。

【書類名】図面  
【図1】

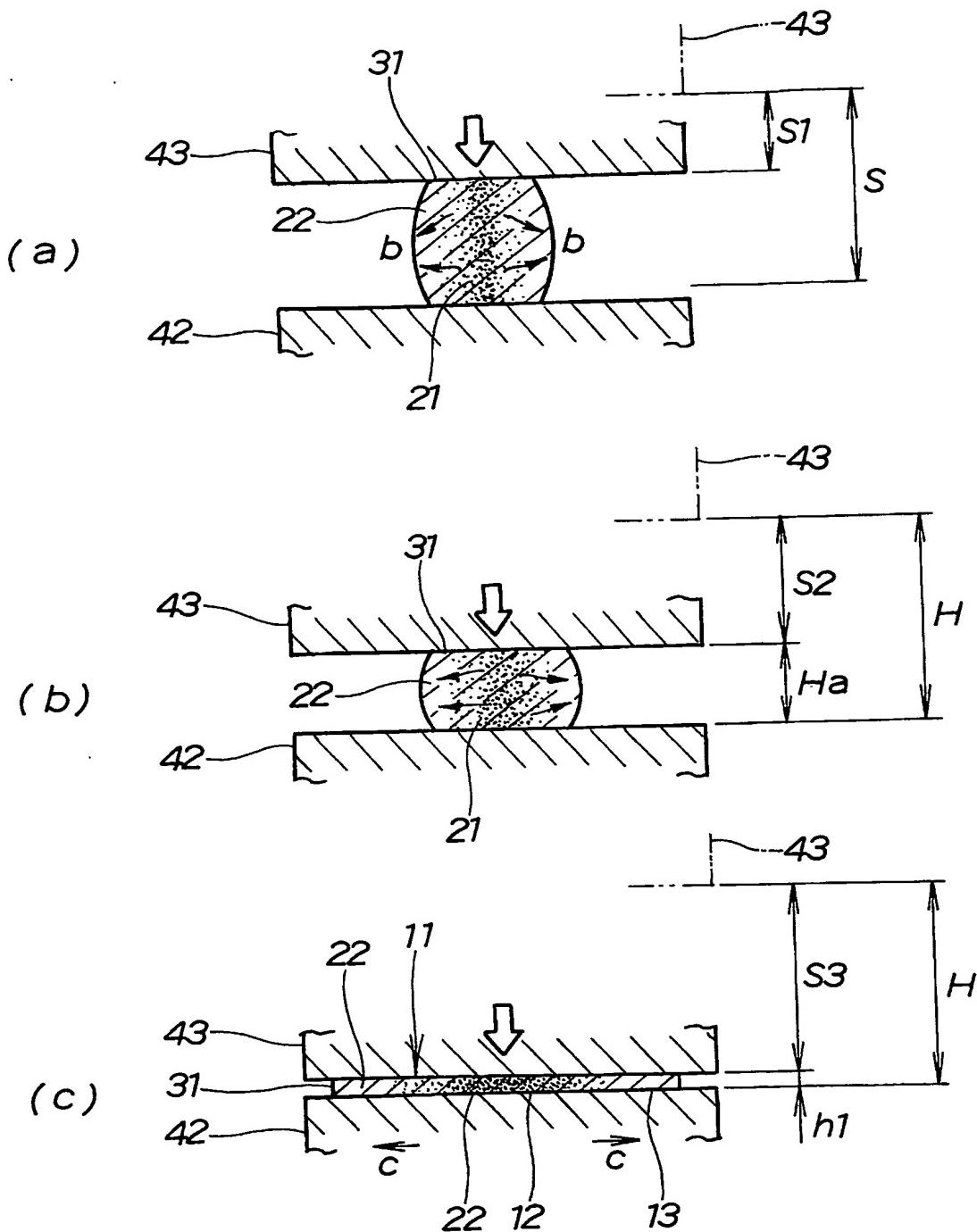
【図2】



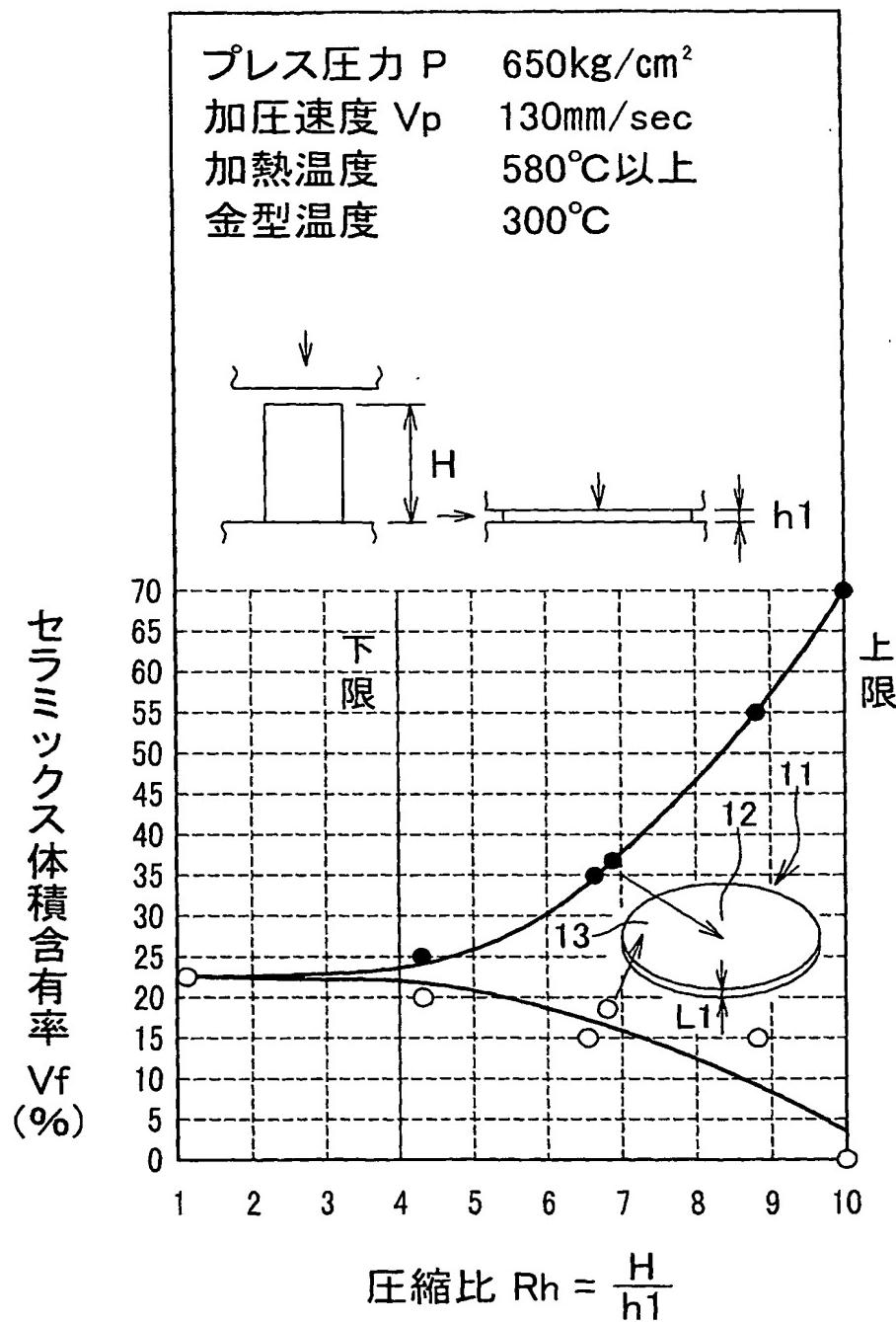
【図3】



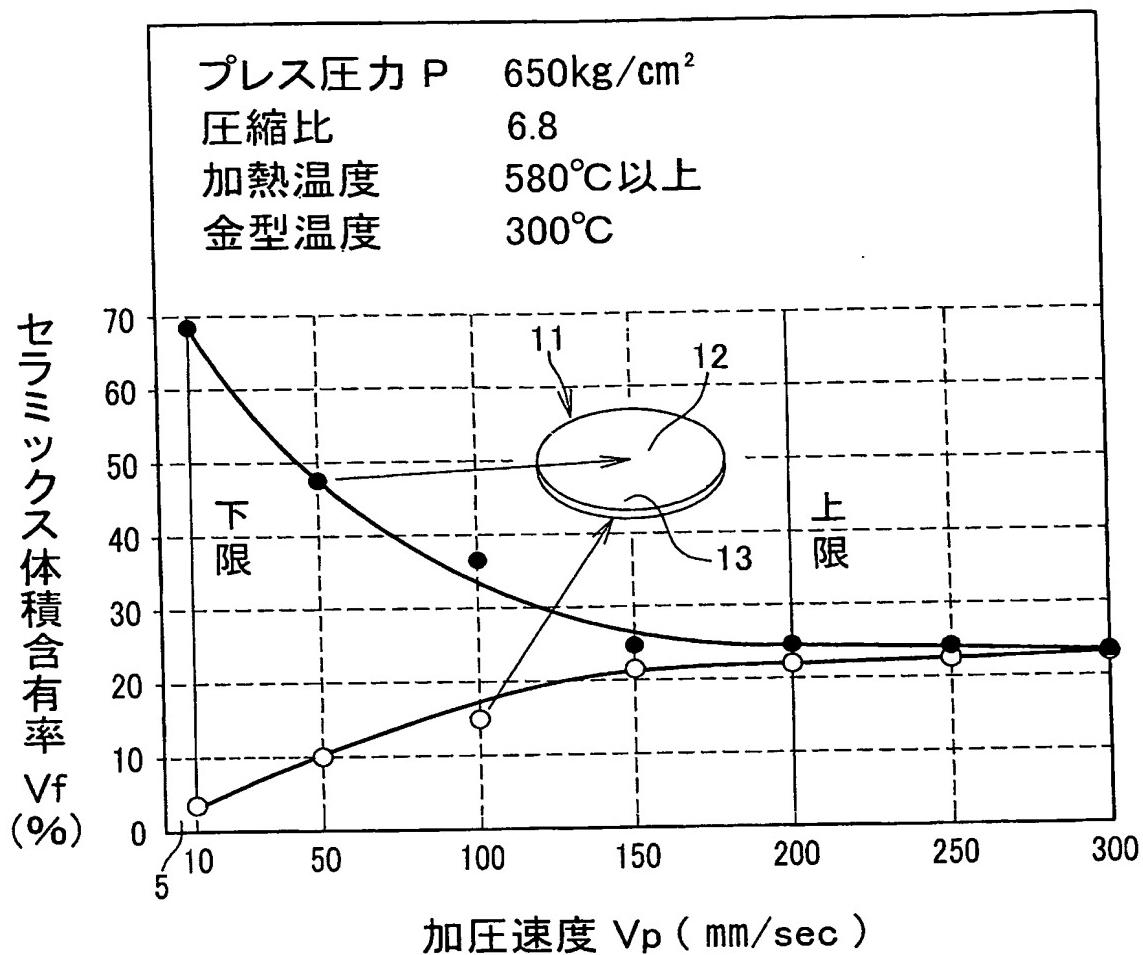
【図4】



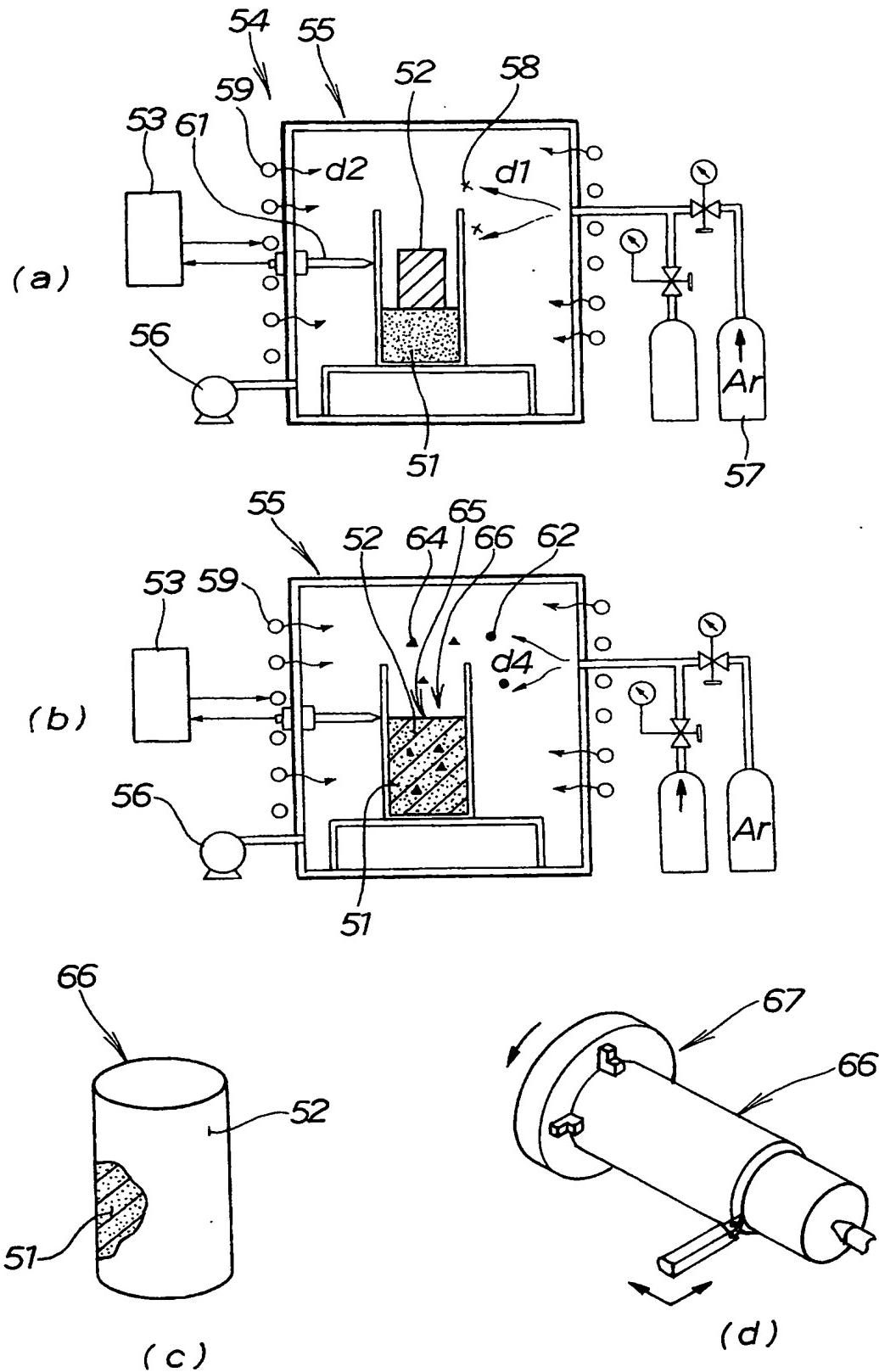
【図5】



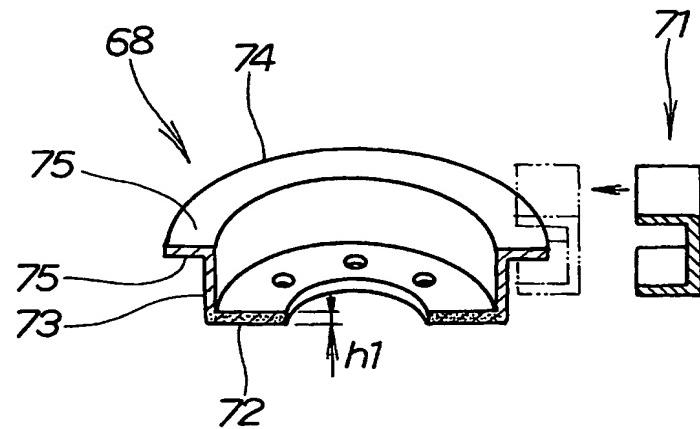
【図 6】



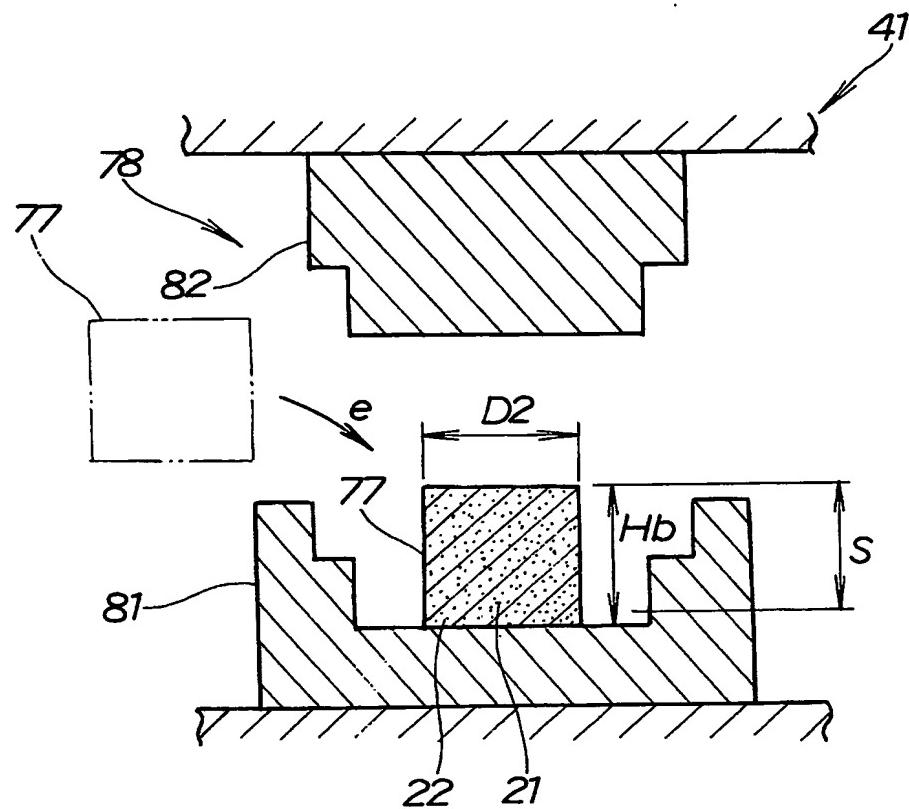
【図 7】



【図8】

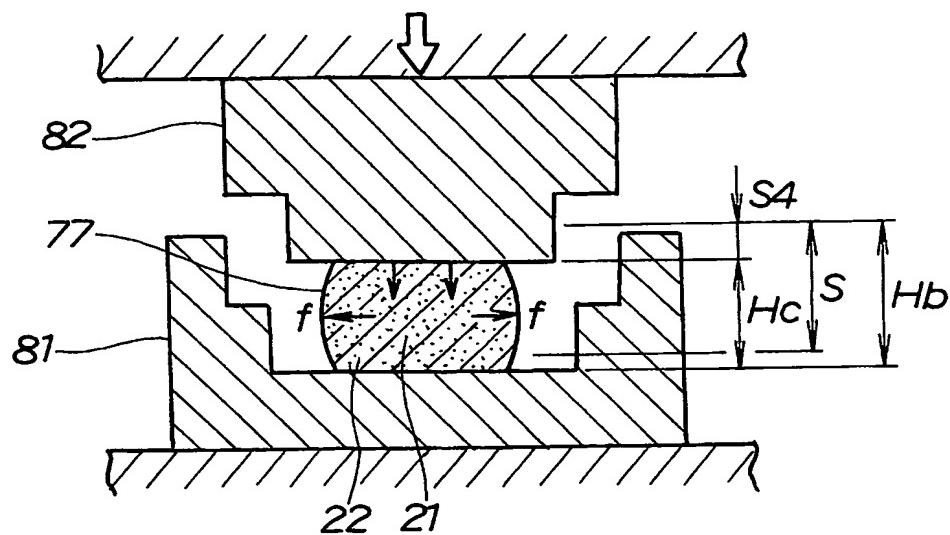


【図9】

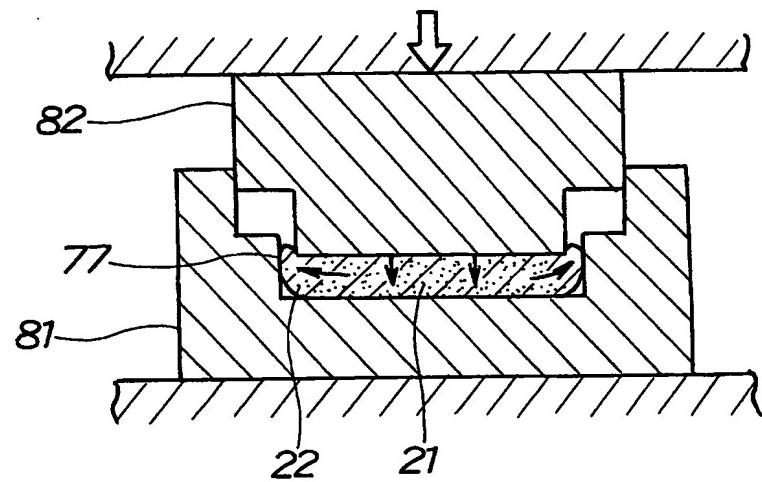


【図10】

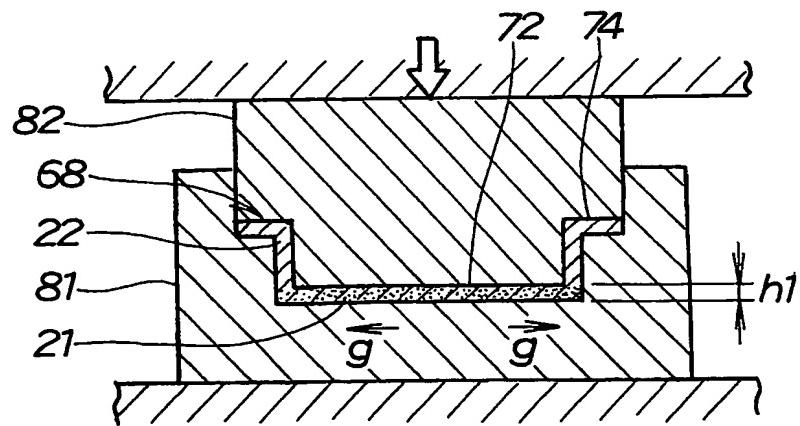
(a)



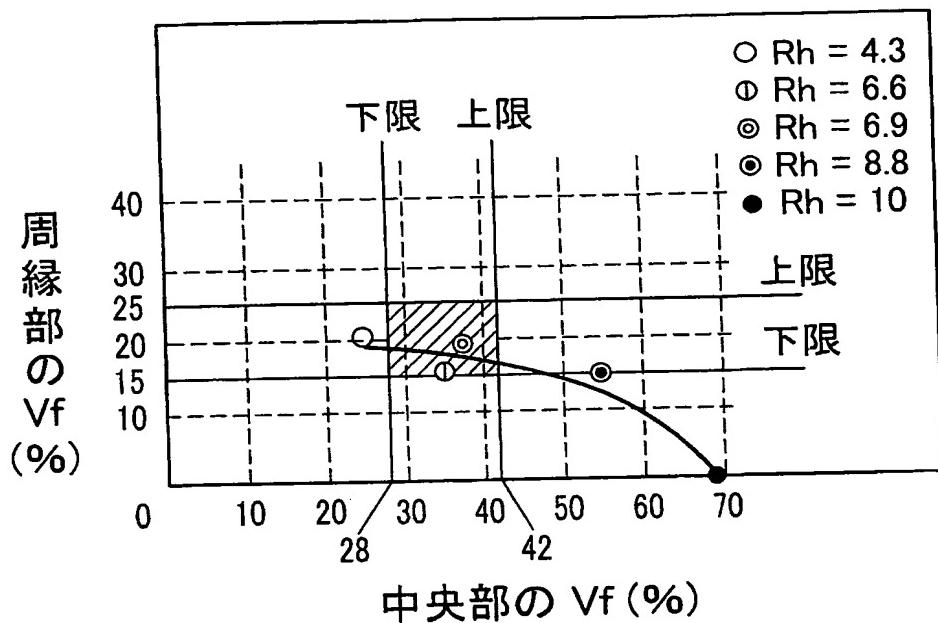
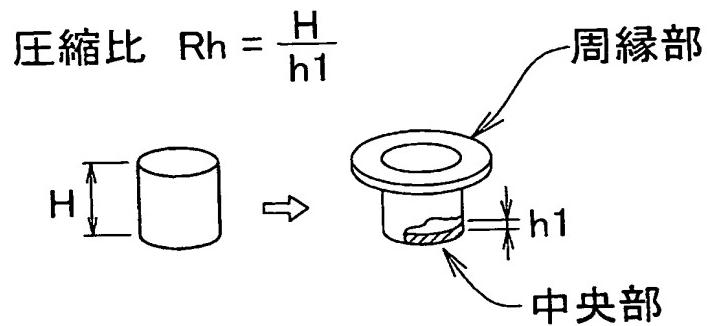
(b)



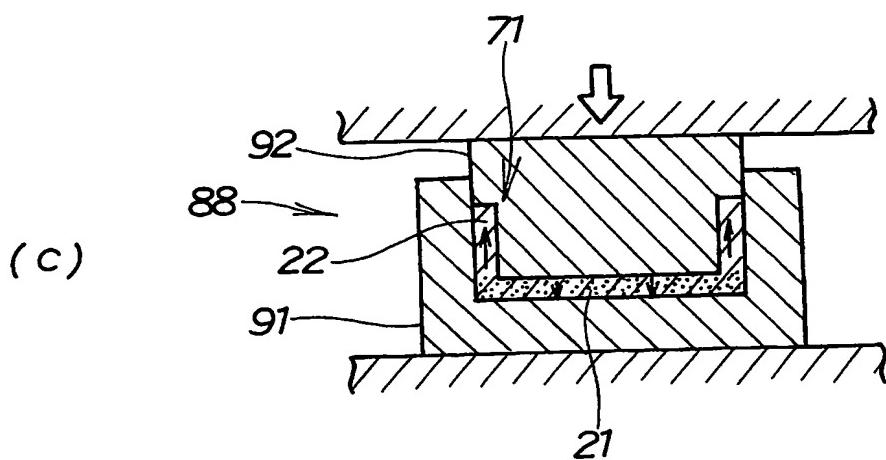
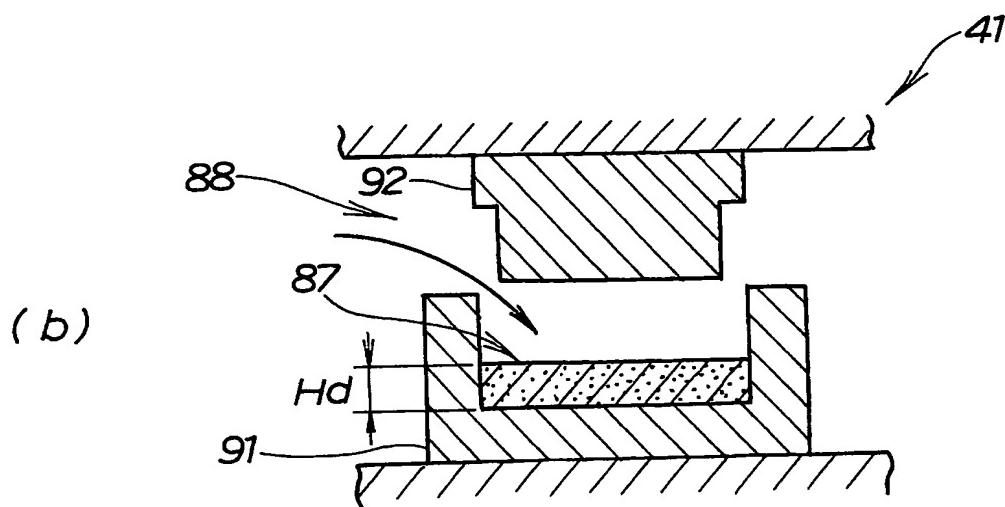
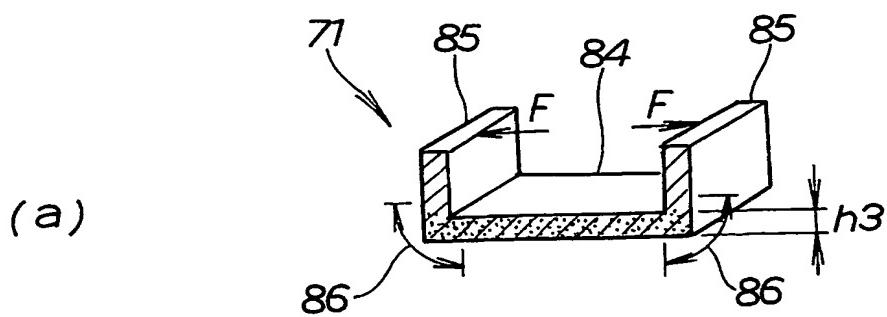
(c)



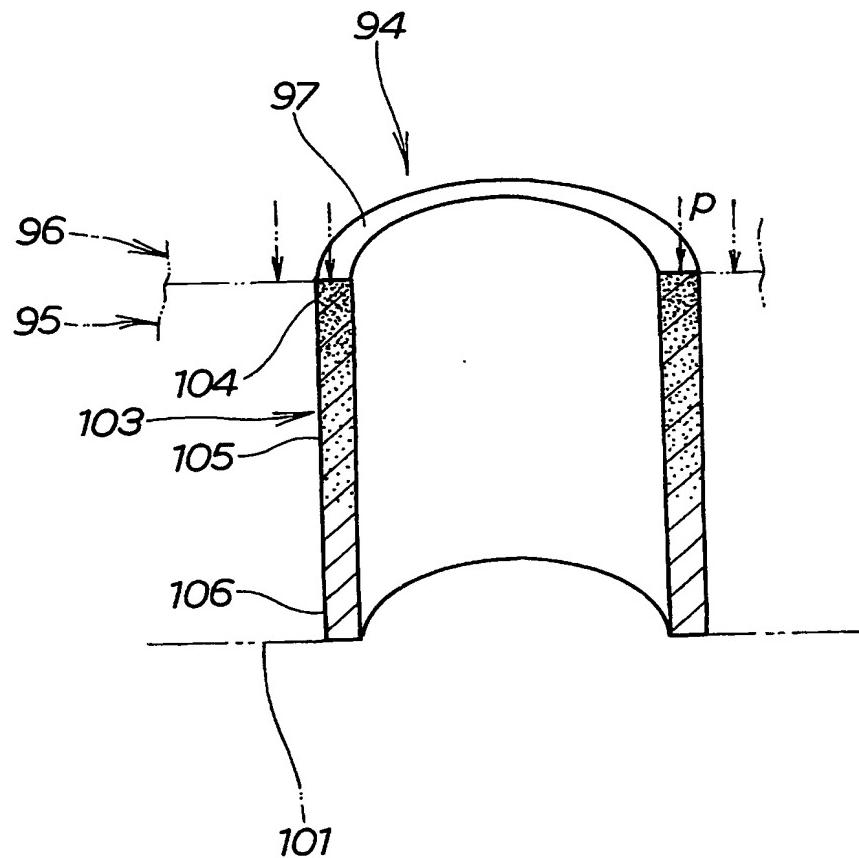
【図11】



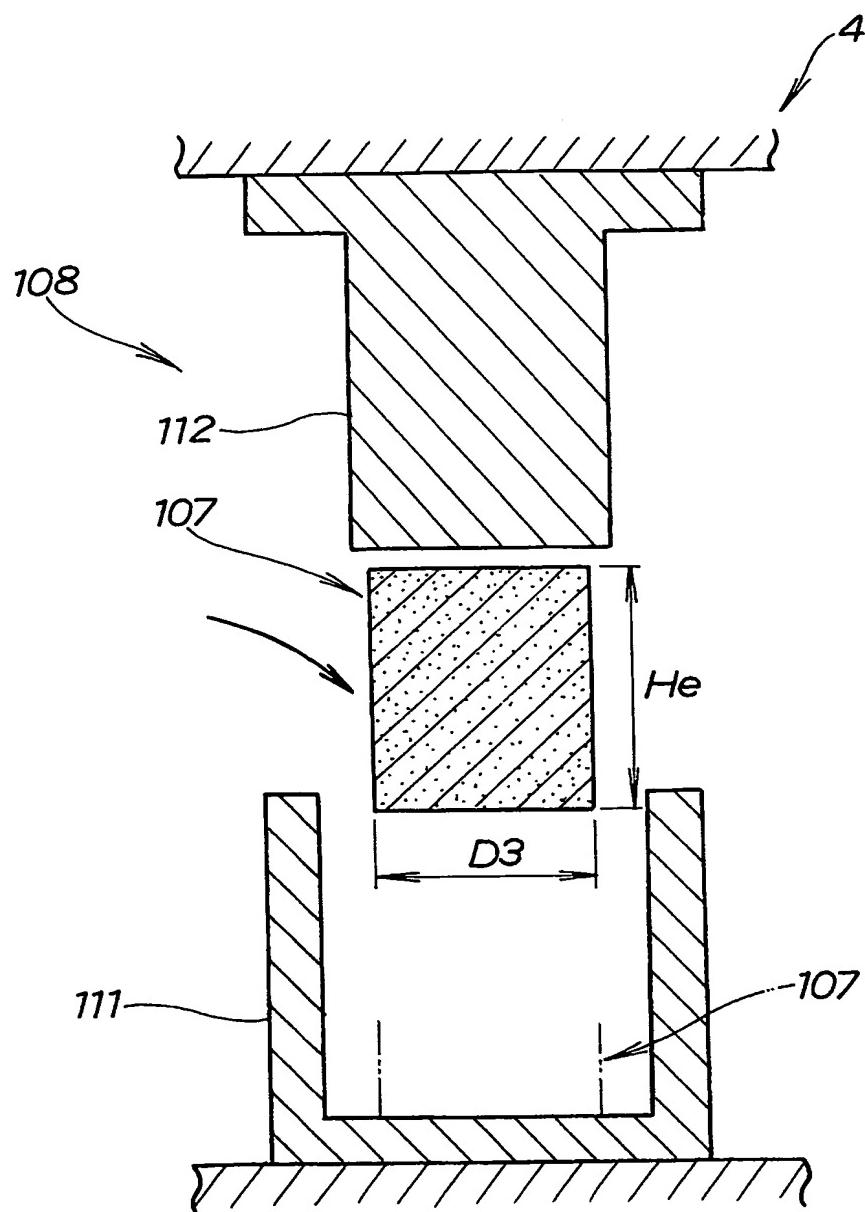
【図12】



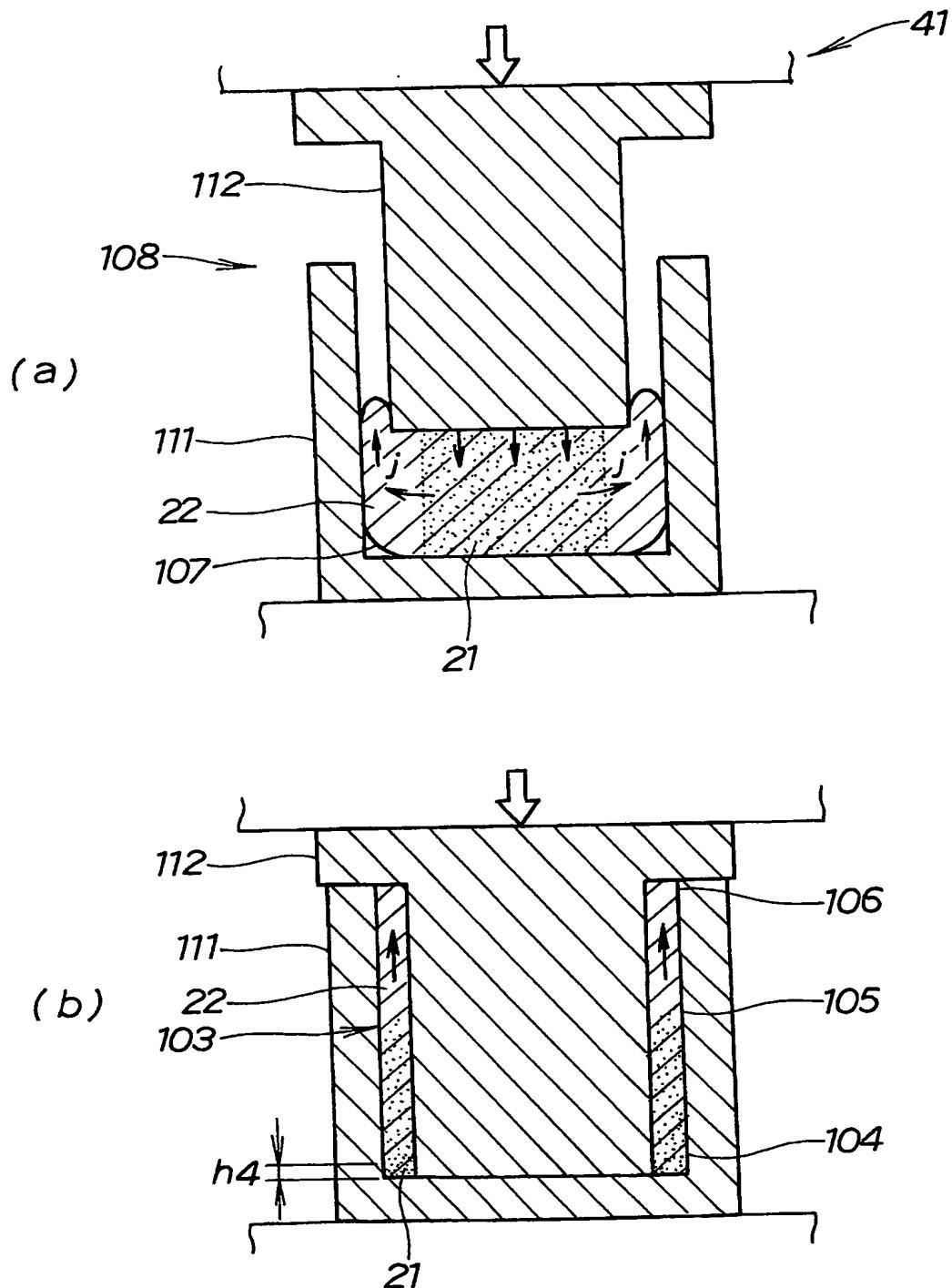
【図13】



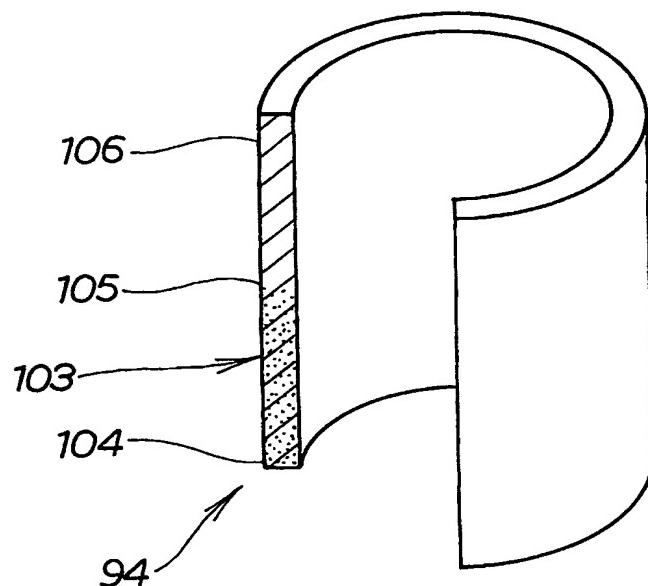
【図14】



【図15】

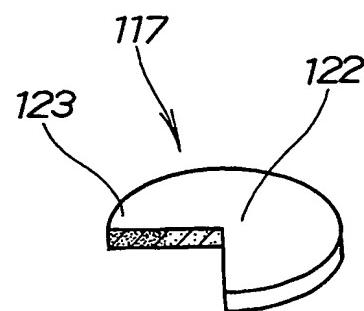


【図16】

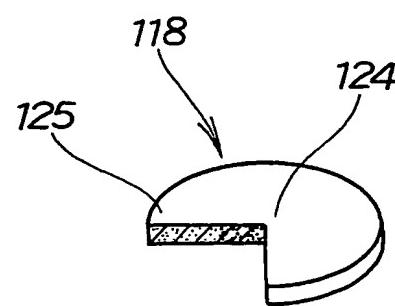


【図17】

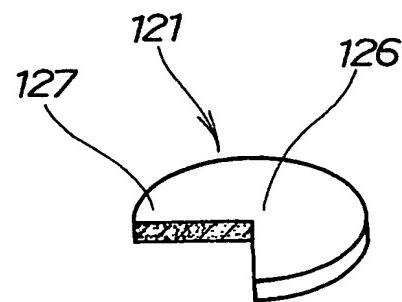
(a)



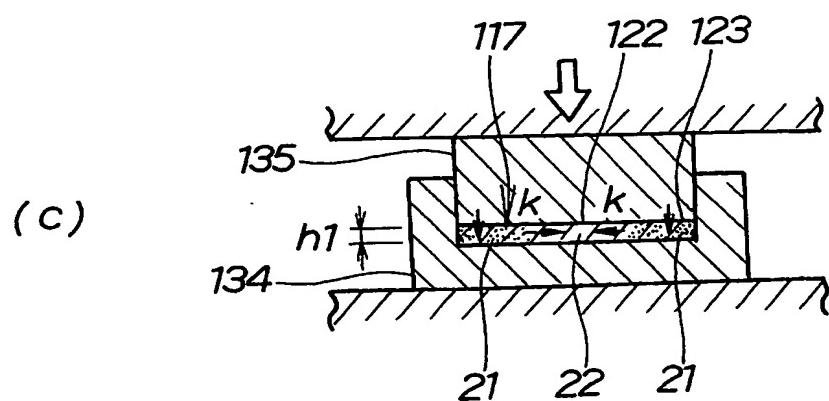
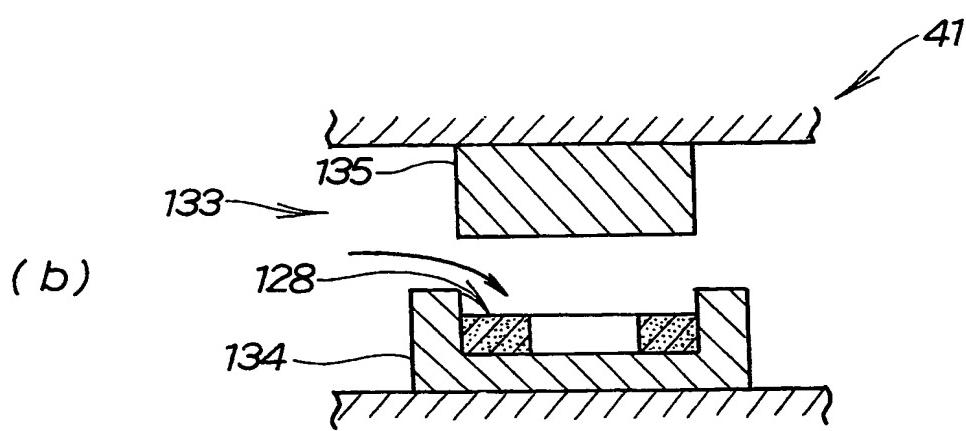
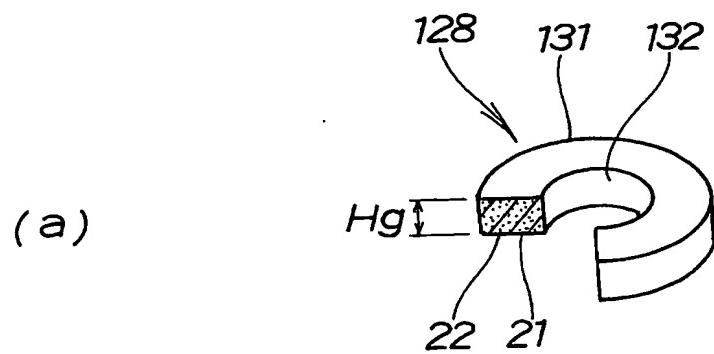
(b)



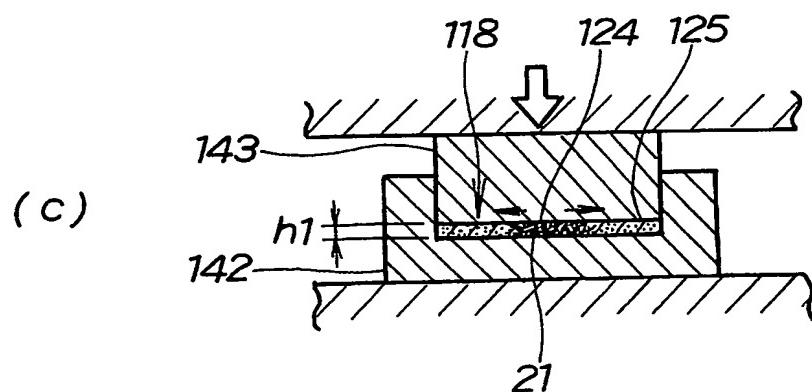
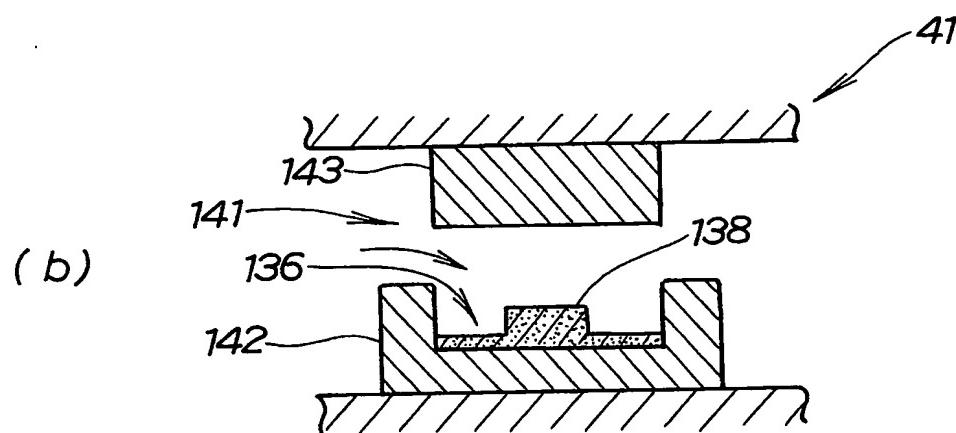
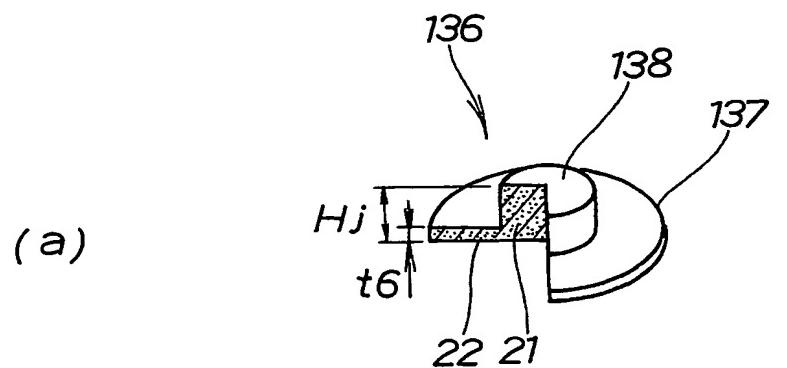
(c)



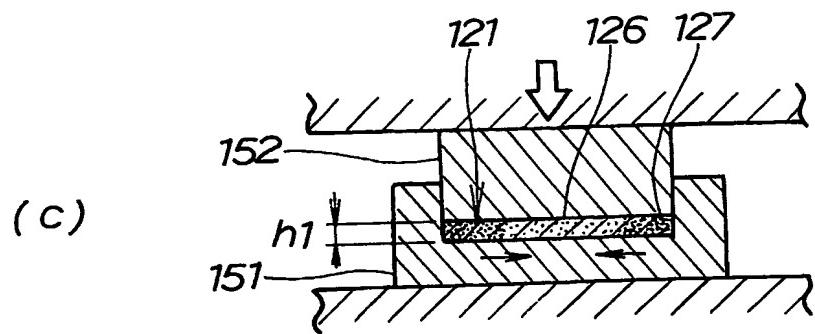
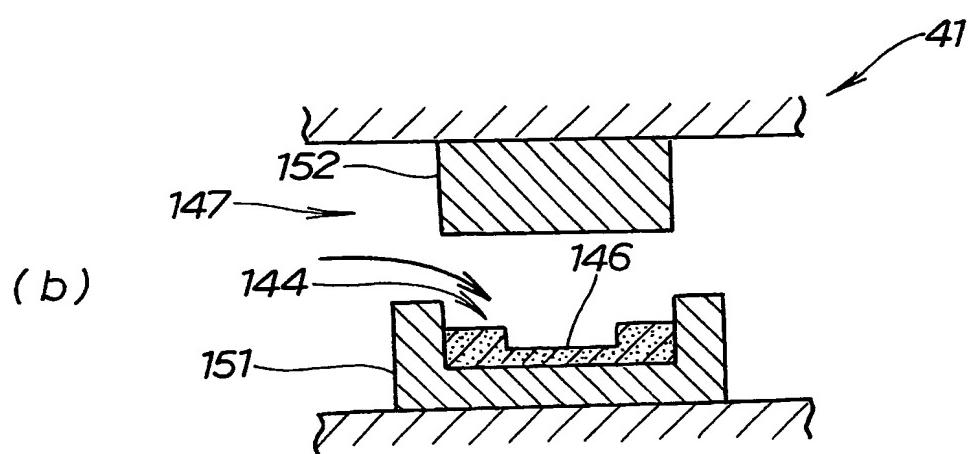
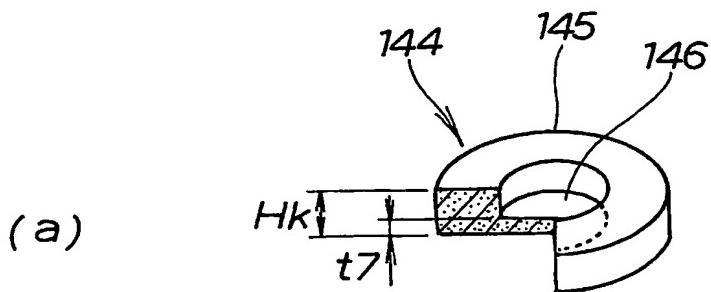
【図18】



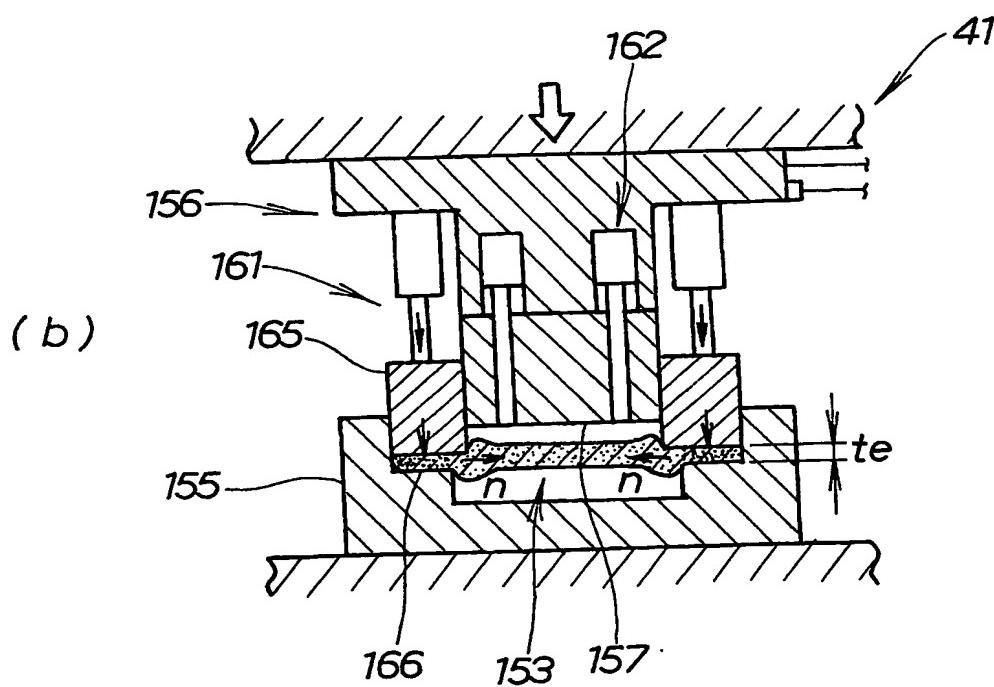
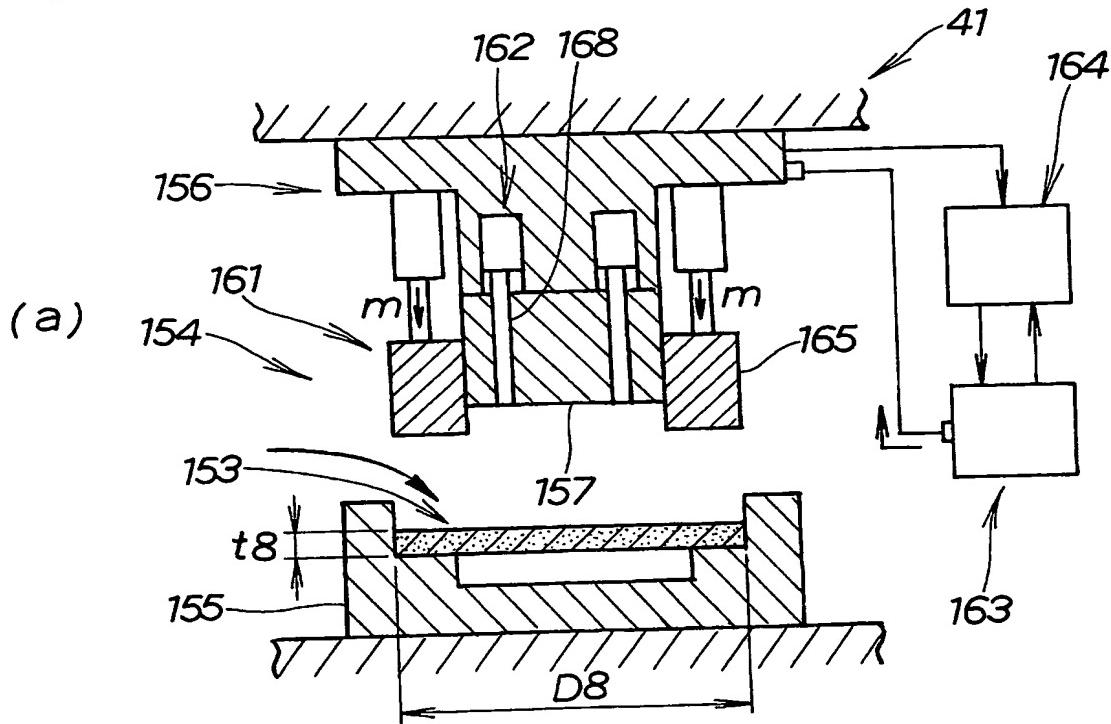
【図19】



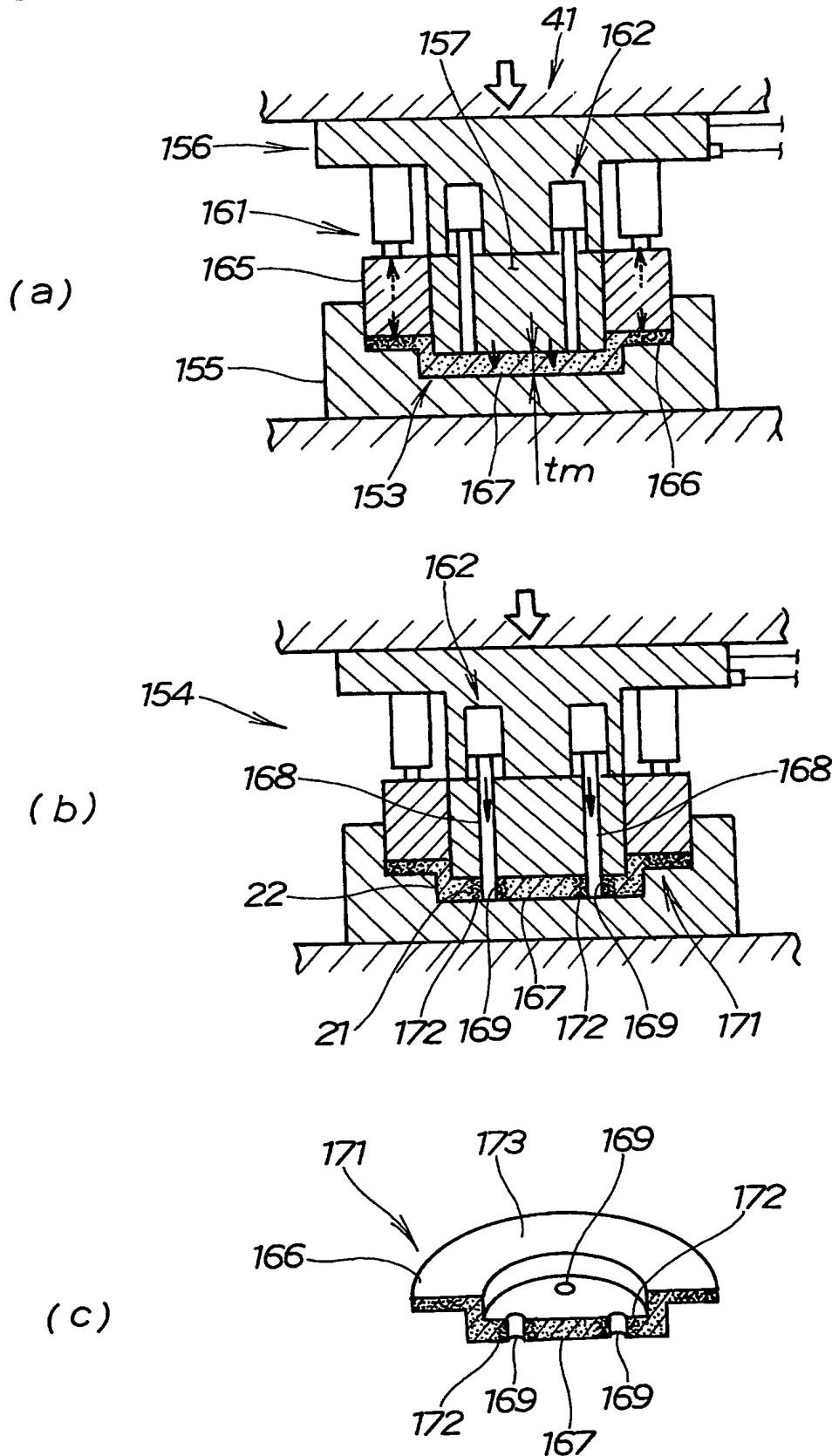
【図20】



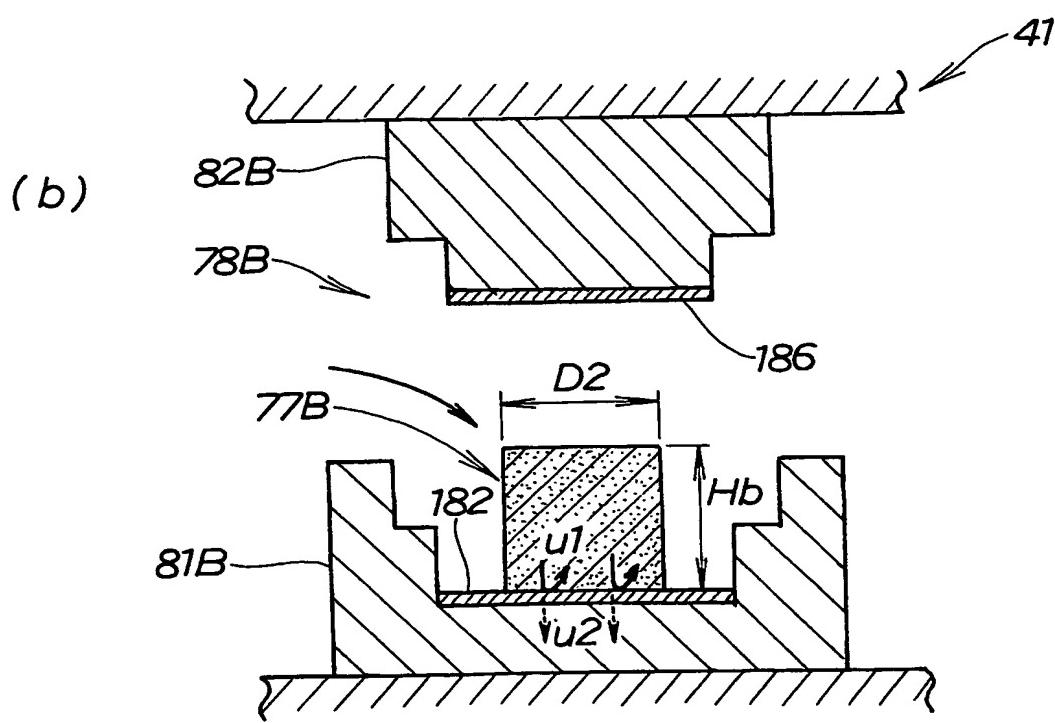
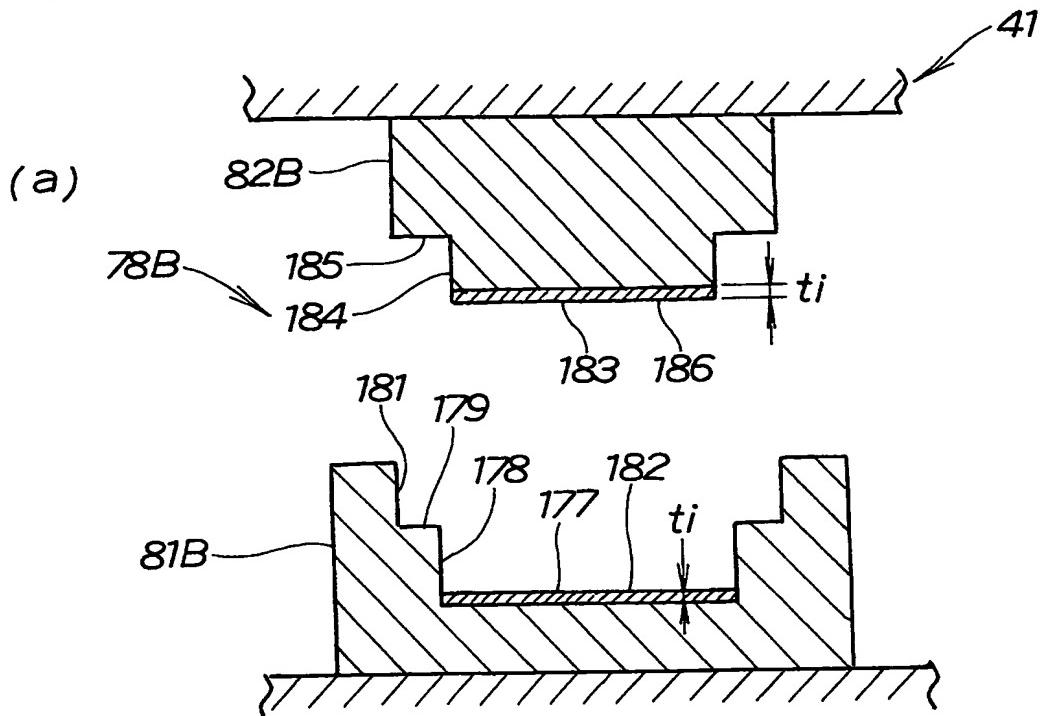
【図21】



【図22】

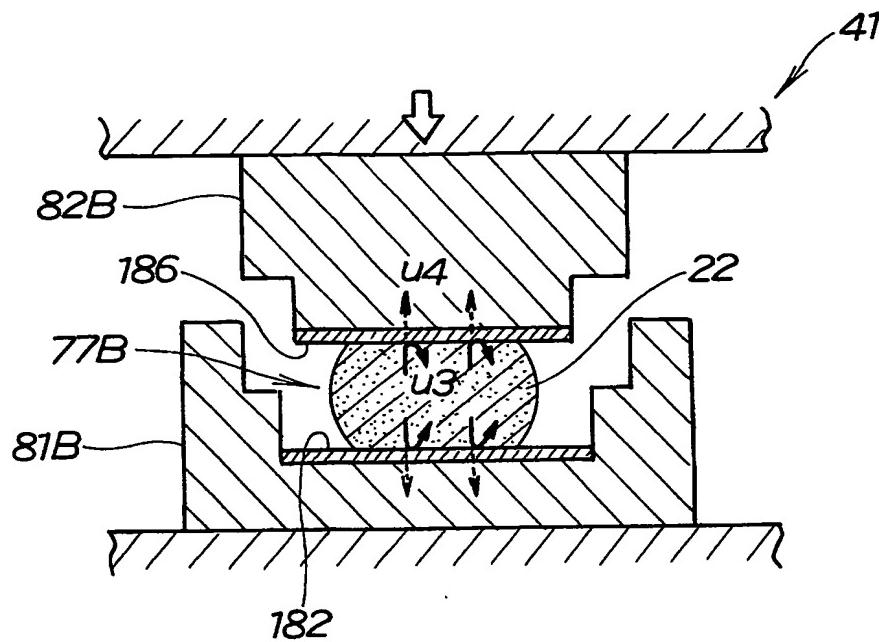


【図23】

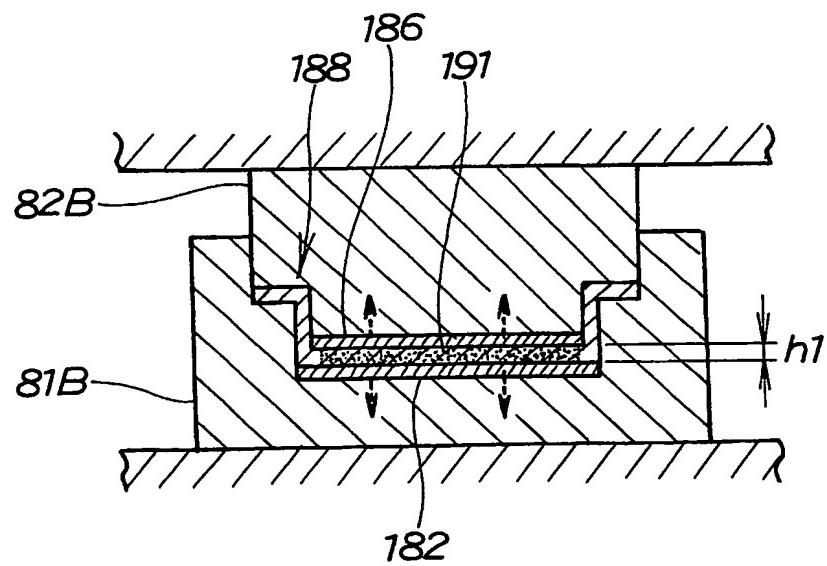


【図24】

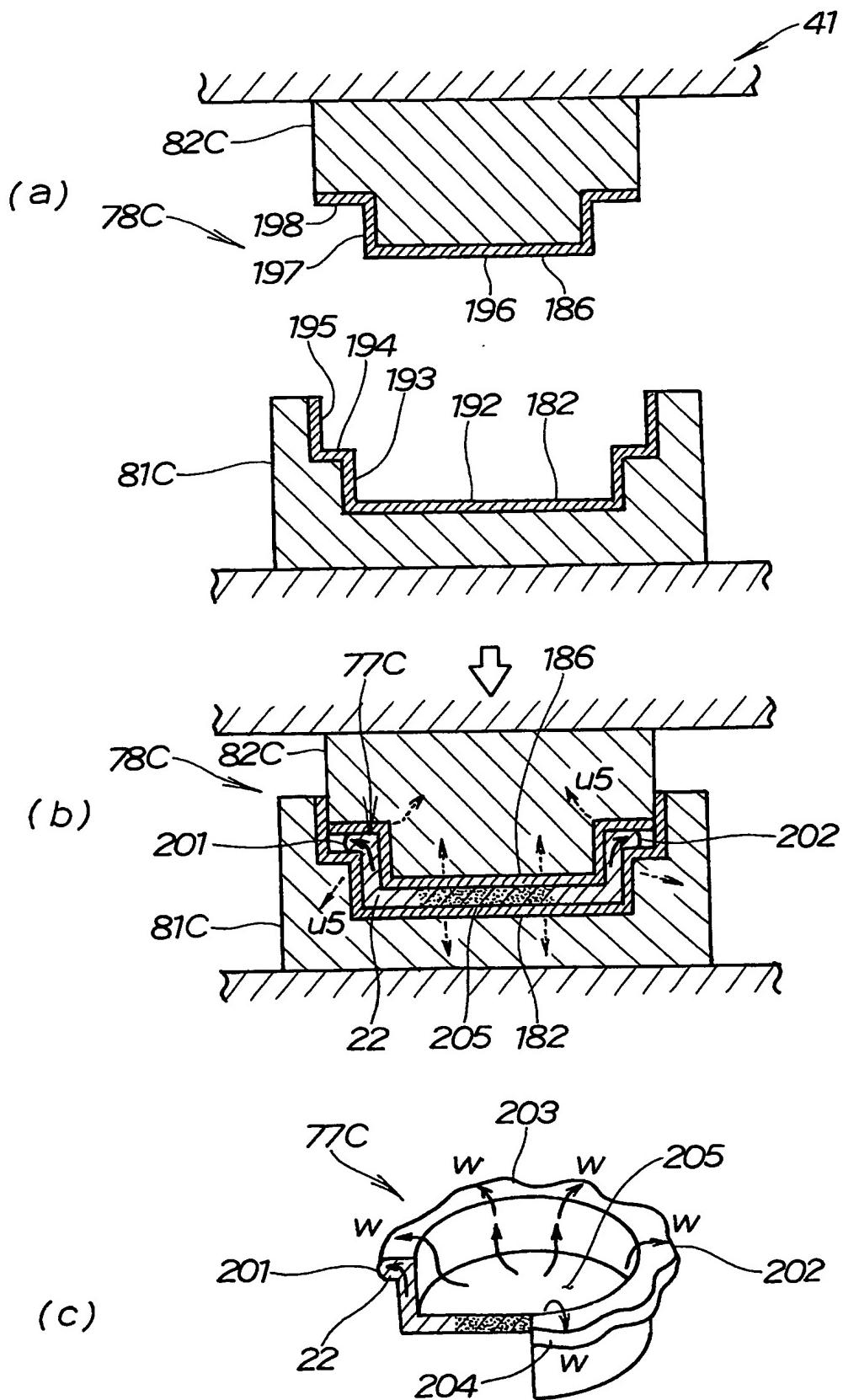
(a)



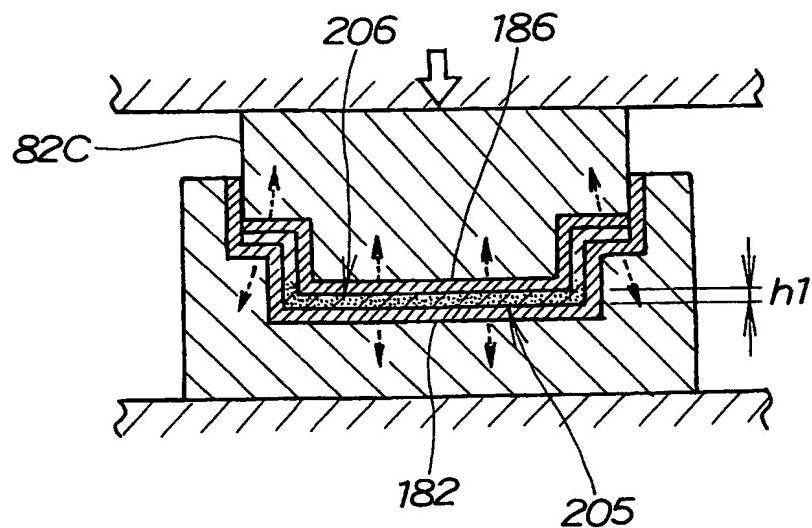
(b)



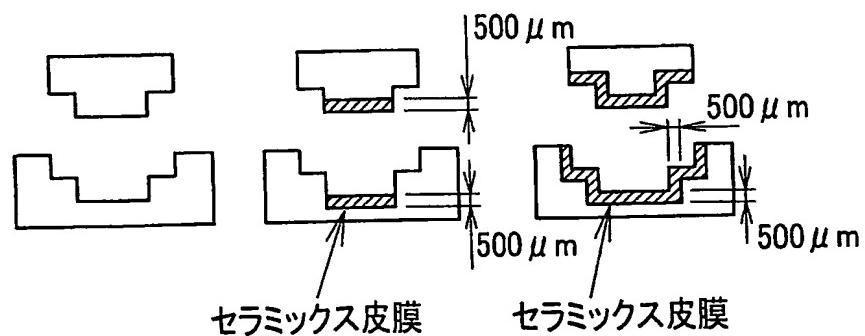
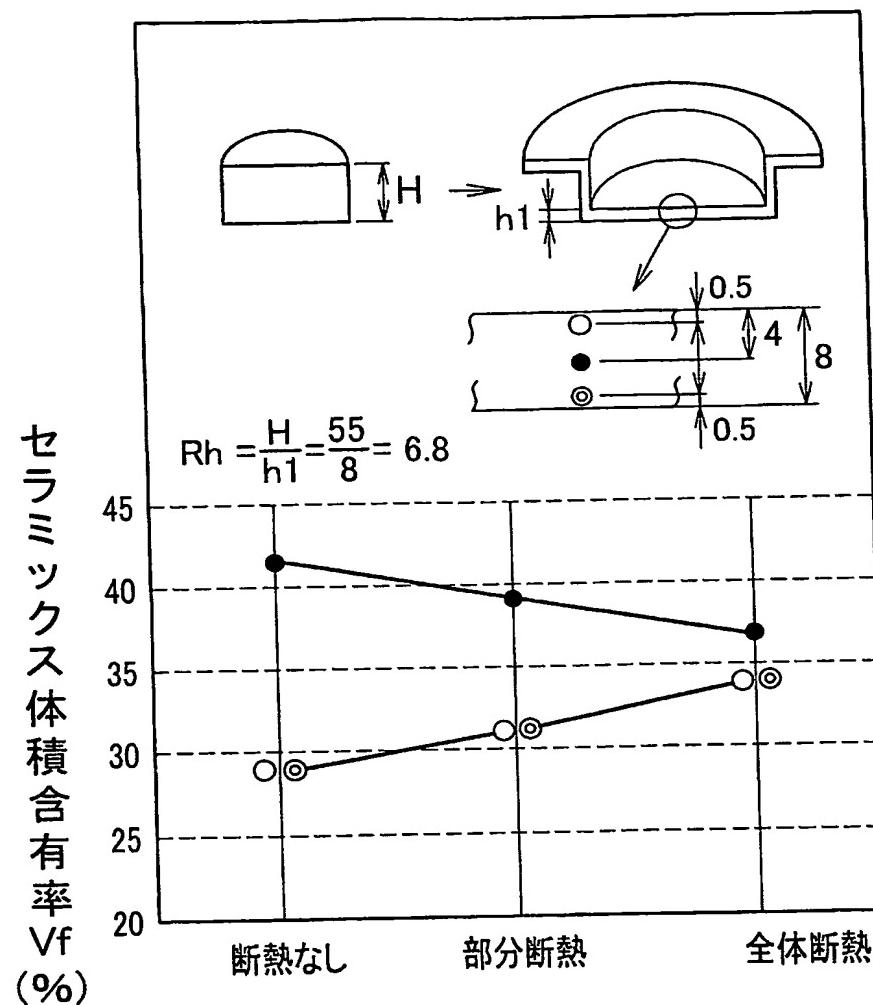
【図25】



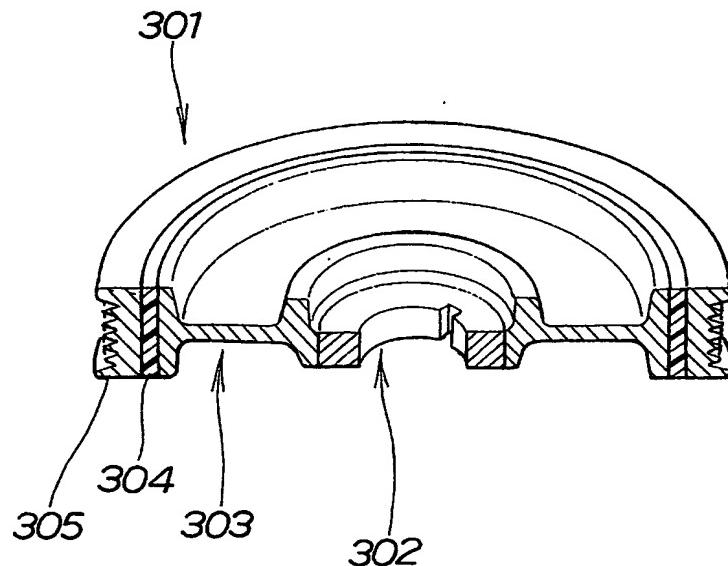
【図26】



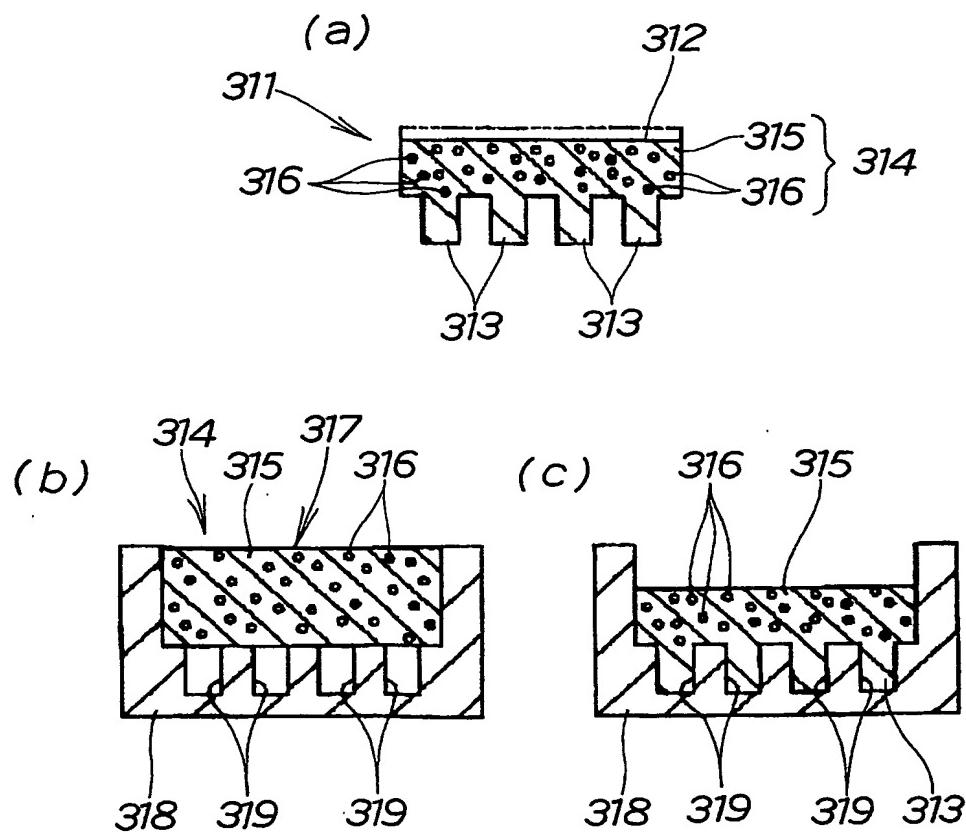
【図 27】



【図28】



【図29】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 セラミックス体積含有率を成形品の部位別に異ならせた金属基複合材製成形品をより容易に製造することができる技術を提供することを課題とする。

【解決手段】 金属基複合材製成形品の成形方法は、マトリックスがアルミニウム合金22で、補強材がセラミックスで、セラミックスはアルミナの凝集体21である金属基複合材料を用いて第2ビレット77を加工し、この第2ビレット77を所定温度に加熱し、この所定温度の第2ビレット77を金型78で加圧して第2の成形品68を成形する際に、成形前のビレット高さをHb、成形後のビレット高さをh1とし、(Hb/h1)を圧縮比と定め、圧縮比を第2の成形品68の中央部に位置する締結部72と周縁部に位置する摺動部74との間で変えることで、第2の成形品68のセラミックス体積含有率を締結部72と摺動部74との間で異ならせる。

【選択図】 図10

特願 2004-012381

出願人履歴情報

識別番号 [000005326]

1. 変更年月日 1990年 9月 6日

[変更理由] 新規登録

住所 東京都港区南青山二丁目1番1号  
氏名 本田技研工業株式会社

# **Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)**

International application number: PCT/JP04/019814

International filing date: 27 December 2004 (27.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-12381  
Filing date: 20 January 2004 (20.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 17 February 2005 (17.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**